

Umět si hrát je jedním z předpokladů spokojeného a šťastného prožití nějakých těch 60 až 70 let, „přidělených“ člověku pro jeho pobyt na Zemi. U dětí je to hlavní a dlouho jediná náplň veškerého času. Když však člověk dospívá a „moudří“ začne se obvykle domnívat, že je pod jeho úroveň hrát si – a když se někdy nějaké hry účastní, téměř se za to stydí. Tato část lidí se o mnoho ochuzuje. Máme přece i „hry pro dospělé“. Nemyslím

Většina lidí si pod pojmem modelářství představuje hlavně zhotovování a provozování modelů letadel. Již méně se ví o modelářství železničním (vyjma kupování vláčků Piko a stavění domácích tratí), lodním, raketovém. Činnost modelářů spočívala ze začátku hlavně ve zhotovování modelů, lépe řečeno maket. Když bylo možné koupit elektrické i výbušné miniaturní motorky, došlo k „oživování“ modelů.

Hračky pro dospělé

karty, šachy a několik dalších her, které by se daly zařadit spíše do her společenských nebo sportovních. Myslím opravdové hry, hry s hračkami – s vláčky a autíčky, s modely letadel apod. U nás jsou všechny tyto hračky a činnost s nimi spojená zařazeny pod pojem „modelářství“. I mezi modeláři jsou lidé, kteří se občas stydí za své hraní, modelářské „hry“ jsou však ty nejkrásnější hry, hry, které se zdají být ve svém důsledku naprostě neúčelné, hry, které hrajeme jen pro radost z nich samých. Samozřejmě i při nich, jako při jakékoli aktivní činnosti jakéhokoli druhu člověk získává nebo prohlubuje si některé druhy dovedností.

Modelářství je u nás zařazeno jako samostatná odbornost pod hlavičkou Českého modelářského svazu do Svazarmu.

Teprve s rozvojem elektroniky se modelářům otevřela možnost dokonalého ovládání modelů a tím nejtěsnějšího přiblížení skutečnosti. Pomocí lehkých tranzistorových zařízení a přenosných vysílačů lze na dálku ovládat všechny druhy modelů letadel, lodí i raket a vláčků. Tyto modely se většinou označují jako RC modely. Toto označení vzniklo jako zkratka z anglického „Radio controlled“, což znamená „radiem řízený“. Ve státech západní Evropy mnoho podnikatelů a firem včas a dobře odhadlo touhu lidí po hračkách a začalo vyrábět nespočetné množství dílů, součástek i hotových přístrojů, potřebných k dálkovému ovládání modelů. U nás to zatím byly téměř „bílé vrány“: družstvo Jiskra se soupravou Gama, družstvo Mars se svou soupravou a radioklub Smaragd s přijímači RC-1.

Z čeho se vlastně skládá taková souprava pro dálkové ovládání? Jednak patří k soupravě samozřejmě přijímač, který je zamontován v modelu, a vysílač, který má u sebe majitel a „pilot“ modelu. Přijímač se skládá ze vstupní části, která zachycuje radiové signály, zesilovače, který je zesiluje, dekodéru nebo jiného stupně, který převádí zachycené signály na formu, vhodnou pro uskutečnění požadovaných úkonů a konečně ze servomechanismů (lidově serv), které tyto úkony vykonávají (řízení, ovládání rychlosti apod.).

Vysílač má jednak vlastní zdroj vysokofrekvenčního signálu, sloužícího k přenosu potřebných informací, jednak ovládací prvky, kterými tyto informace do vysílače vkládáme a konečně modulátor, tj. zařízení, které vhodným způsobem „spojí“ funkční signály s vysílaným vysokofrekvenčním signálem. Na obou stranách (tj. u vysílače i u přijímače) musí být samozřejmě ještě anténa.

Ovládací soupravy se dělí na jednokanálové a vícekanálové. Jednokanálové slouží k ovládání jednoduchých modelů

a lze jimi ovládat pouze jednoduché funkce modelu. Jsou poměrně jednoduché a levné. Vícekanálové soupravy umožňují ovládání více různých funkcí modelů, přičemž některé z nich lze ovládat současně. Dělají se obvykle maximálně dvanactikanálové. Jsou již poměrně složité a drahé. Vývoj se samozřejmě nezastavil ani na tomto poli a existují již i soupravy digitální, pracující na principu číslicového zpracování informací.

Jak již bylo řečeno, u nás se výrobou ovládacích souprav pro modely nikdo systematicky nezabývá a modeláři jsou tak odkázáni většinou na vlastní dovednost. Musí tedy zvládnout tři profese: mechaniku (která je zvláště u složitějších modelů velmi náročná), elektroniku (tu potřebují k úspěšné stavbě „živé části“ svého modelu) a aerodynamiku. K tomu druhému by jim mělo pomoci toto číslo Radiového konstruktéra, které přináší mnoho návodů a námětů ze všech směrů dálkového ovládání modelů. Věříme, že tuto svoji úlohu splní a pomůže tak k úspěšnému „oživení“ mnoha pěkných modelů.

Dálkové ovládání modelů

Emil Kubeš, OK1AUH; ing. Jaroslav Marek

Vlivem zvyšujícího se životního tempa pocítuje člověk na celém světě stále intenzivněji nutnost odreagovat se od svých každodenních povinností; jsme svědky toho, jak se ze dne na den rozmáhá „koníčkaření“. Tohoto jevu dovedli využít výrobci v různých státech světa, v nichž je na trhu množství různých souprav a pomůcek k dálkovému ovládání modelů letadel a lodí i různé jiné hračky pro děti i dospělé (štěkající a běhající pes atd.). U nás o tento výhodný obchodní artikl neměl a zřejmě nemá nikdo zájem, takže po prvních nesmělých pokusech pardubického družstva Jiskra v tomto oboru

není na trhu nyní téměř nic. Je zřejmé, že s rozvojem trhu je velmi úzce svázán i technický pokrok v tom či onom oboru techniky – není-li na trhu např. souprava pro dálkové ovládání, nemůže tedy doznat tento obor techniky nějakého rozšíření o technickém pokroku ani nemluvě. I u nás jsou ovšem špičkové soupravy dálkového ovládání, ty jsou však dovezeny většinou společenskými organizacemi ve velmi omezeném množství a obhospodařuje je i velmi omezený okruh zájemců.

I v české literatuře je tento obor popelkou. I když jde o úzce specializovanou

část užité radiotechniky, vidíme na příkladech ze zahraničí, kde tento obor doznał značného a možno říci bouřlivého rozvoje, že je u nás v tomto směru i v literatuře značná mezera.

Tento Radiový konstruktér se chce alespoň pokusit dát čtenáři ucelený obraz o stavu vývoje souprav dálkového ovládání ve světě. Jsme odkázání pouze na publikované zprávy v zahraničních časopisech a knihách, takže pokud by náš přehled byl neúplný, prosíme čtenáře, aby jednak byli shovívaví a jednak si uvědomili, že si mnozí výrobci chrání své výrobky z konkurenčních důvodů. Schémata a data výrobků jsou převzaty ze zahraniční literatury, nejsou ověřená; berte je proto pouze jako inspiraci a ne jako „kuchařku“. Konstrukce uvedené v praktické části jsou však vyzkoušené a schopné reprodukce.

Druhy provozu

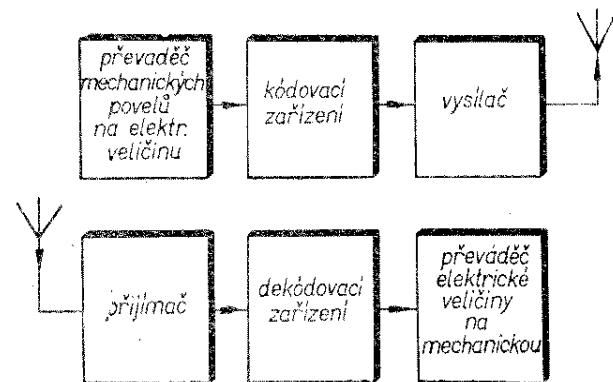
Každé radiotechnické zařízení pracuje podle předem vypracovaného (navrženého) systému. Každý radiotechnický systém se skládá z jednotlivých systémových celků. Systémové celky jsou tvořeny jednotlivými díly a ty jsou tvořeny radiotechnickými prvky.

Pro splnění požadované činnosti je možné zvolit několik systémů od nejjednodušších až po nejsložitější. Při volbě použitého systému se dbá na různá hlediska jako je spolehlivost, náklady, rozměry, provozní hospodárnost a výrobní cena. Obecně lze zhruba říci, že čím jsou vyšší (tvrdší) požadavky na činnost zařízení, tím je i použitý systém složitější a náročnější.

Také zařízení pro dálkové ovládání se řídí uvedenými obecnými pravidly – existují různé soupravy pro dálkové ovládání od těch nejprimitivnějších po velmi složité digitální nebo analogové proporcionální soupravy.

Souprava dálkového ovládání se většinou skládá z několika základních dílčích zařízení podle obr. 1.

Cílem je přenést mechanickou veličinu elektrickou cestou na určený objekt. Elektrickou cestou proto, že není mecha-



Obr. 1. Blokové schéma systému dálkového ovládání

nické spojení mezi ovládacím a ovládaným prvkem.

Souprava je buď přímo řízena člověkem, nebo je do ní vložen předem stanovený program. Mechanické pohyby se převedou určitým způsobem na elektrické veličiny. Vzniklé elektrické signály se musí zašifrovat tak, aby mohly být všechny nutné informace přeneseny jedinou přenosovou cestou (jeden vysílač). Ze zachyceného elektrického signálu je pak třeba (v přijímači) oddělit jednotlivé informace, vyhodnotit je a převést v mechanický pohyb.

Systém dálkového ovládání lze tedy rozdělit na tři hlavní skupiny jednak podle charakteru vstupních a výstupních mechanických pohybů (1. skupina), jednak podle způsobu kódování a dekódování (2. skupina) a posléze podle způsobu příjmu a vysílání (3. skupina).

Každá ze tří hlavních skupin je ještě rozdělena do podskupin. První hlavní skupinu lze rozdělit na tři podskupiny:

- 1.1 Soupravy se vstupními a výstupními mechanickými pohyby nespojitými
 - 1.1.1 Jednopovelové
 - 1.1.2 Vícepovelové
 - 1.1.2a Pouze s jedním povelom
 - 1.1.2b Se simultánním provozem
- 1.2 Soupravy se vstupními a výstupními mechanickými pohyby spojitými
 - 1.2.1 Jednopovelové
 - 1.2.2 Vícepovelové
 - 1.2.2a Pouze s jedním povelom
 - 1.2.2b Se simultánním provozem
- 1.3 Soupravy smíšené

Mechanický pohyb nespojitý je takový pohyb, při němž dojde ke změně polohy nějakého prvku o předem stanovenou velikost skokem. To znamená, že nemůže být mezi výchozí a konečnou polohou prvku žádná další stabilní poloha.

Spojitý pohyb je takový pohyb, při němž je změna polohy prvku mezi dvěma krajními polohami plynulá – každá mezi-poloha je tedy stabilní.

Simultánní provoz je takový provoz, kterým lze vysílat všechny povely jednou přenosovou cestou současně.

Soupravy lze dělit i podle druhého hlavního hlediska, podle způsobu kódování a dekódování. Pak rozdělujeme soupravy s následujícími druhy modulace:

2.1 Pulsní modulace

2.1.1 Jedna série pulsů pro každý povel

2.1.2 Časový multiplex

2.1.3 Šířková modulace pulsů

2.1.4 Polohová modulace pulsů

2.2 Modulace nízkofrekvenčními kmitočty – informace se přenáší pomocí nf modulačních kmitočtů

2.2.1 Možnost přenosu pouze jedné informace – jednoho nf kmitočtu

2.2.1a Informace se nemění spojitě (ano – ne)

2.2.1b Informace je spojitě proměnná – změnou modulačního kmitočtu

2.2.1c Informace je spojitě proměnná – změnou amplitudy nf kmitočtu

2.2.2 Možnost současného přenosu více informací

2.2.2a Informace se nemění spojitě (ano – ne)

2.2.2b Informace jsou spojitě proměnné – změnou modulačních kmitočtů

2.2.2c Informace jsou spojitě proměnné – změnou amplitud nf kmitočtu

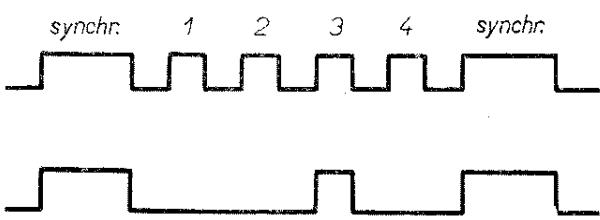
2.3 Smíšená modulace

Při pulsní modulaci nastávají dva stavy. Zapnuto – vypnuto na výstupu vysílače a výstupu přijímače. Na první pohled by bylo možno soudit, že se tímto

způsobem dá přenést pouze jedna nespojitá informace. Ovšem vhodným a dostatečně rychlým střídáním pulsů lze přenést informaci daleko víc. Při přenosu informací jednou sérií pulsů pro každý povel je vyhodnocení toto: například vysláním jednoho impulsu se ovládá jeden servomechanismus. Při vyslání dvou pulsů se ovládá druhý servomechanismus atp. Specifickým znakem tohoto způsobu vysílání informací (jedna série pulsů pro každý prvek) je to, že je nutno přenosovou cestu „uvolnit“ od předcházející série pulsů, aby mohla být vyslána sérije další. Protože jedna sérije pulsů reprezentuje jeden povel, je možno vysílat současně jen jeden povel.

Časový multiplex je známé zařízení. Je to naprostě pravidelně se opakující série např. pěti pulsů (obr. 2). Na začátku každé série je značkový neboli synchronizační impuls. Synchronizační impuls zajišťuje použitelnost časového multiplexu. Představme si, že z jakéhokoli důvodu (porucha, závada) bude vynechán nebo že přibude jeden impuls ve vysílači nebo v přijímači. Na výhodnocovací straně dojde k posunu (předstih nebo zpoždění) jednotlivých kanálů a vysílač i přijímač nebudou synchronizovány; výsledkem bude neschopnost zařízení přenášet správné informace, neboť v přijímači je odpočítávací zařízení, které připíná vstupy jednotlivých kanálů k výstupu přijímače právě v tom okamžiku, kdy je na řadě ovládací impuls časového multiplexu, určený pro ten který kanál. Série pulsů časového multiplexu se velmi rychle opakují, takže lze ovládat všechny kanály současně – simultánně.

Při šířkové modulaci pulsů se informace využívají tak, že se vytřídí pulsy časového multiplexu a přivádějí se na detektory šířky pulsů. Šířku pulsů lze mě-



Obr. 2. Série pulsů časového multiplexu

nit spojité a porovnáváním s normalizovaným impulsem v přijímací části zařízení dostaneme spojité se měnící výstupní ovládací napětí.

Polohová modulace pulsů je podobná: u ní se však mění časová vzdálenost impulsu konstantní šířky od jiného, který tvoří časovou značku.

Různé pulsní modulace lze kombinovat a tím vytvořit mnoho variant přenosu požadované informace.

U nás se používá nejvíce tónový způsob ovládání. Vyrobí se jeden nebo více signálů tónových kmitočtů (co možno nejstabilnějších) a ty se vysílají. V přijímači jsou signály zavedeny na elektromechanické nebo elektrické filtry, nalaďené na vysílané tónové kmitočty. Filtry rozdělí elektrické signály k jednotlivým ovládaným servomechanismům. Tímto způsobem je možno ovládat zařízení pouze nespojité (zapnuto – vypnuto).

Vysílací zařízení mohou vysílat buďto jeden nebo více tónových kmitočtů současně. Je zřejmé, že jsou podstatně větší nároky na zařízení, které vysílá více tónových kmitočtů najednou.

Je možné vysílat signál jednoho nebo několika spojité proměnných tónových kmitočtů současně. Signálu s určitým

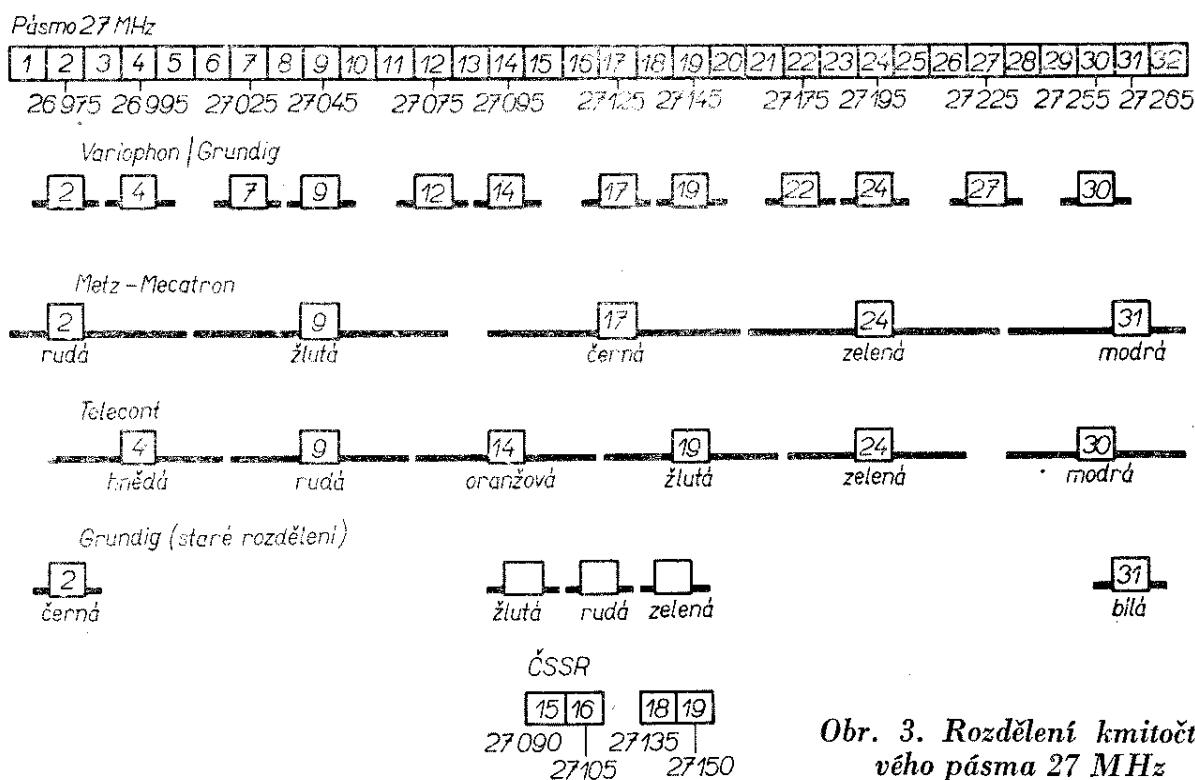
kmitočtem odpovídá počáteční poloha servomechanismu. Při změnách kmitočtu lze ovládat spojité se změnou kmitočtu polohu ovládacích prvků. Dekódovacím zařízením je pak kmitočtový diskriminátor.

Způsob ovládání změnou amplitudy tónových kmitočtů se nepoužívá, neboť zařízení je velmi složité a náročné. Amplitudu tónových kmitočtů je možné využít absolutně nebo relativně (porovnávat).

Podle třetího hlavního hlediska na soupravy dálkového ovládání, tj. podle způsobu příjmu a vysílání rozeznáváme další druhy souprav. Ty dělíme:

- 3.1 Podle nosného vysokofrekvenčního kmitočtu (27,120; 40,680 MHz)
- 3.2 Podle výstupního výkonu
- 3.3 Podle způsobu modulace
 - 3.3.1 Amplitudová modulace
 - 3.3.2 Kmitočtová modulace
 - 3.3.3 Pulsné amplitudová modulace
- 3.4 Podle druhu vysílače (podle počtu stupňů, krystalem řízené apod.).
- 3.5 Podle druhu přijímače (přímozesilující, reflexní, superreakční detektor, superheterodyn).

Nosný kmitočet je stanoven předpisy spolu s povoleným vyzářeným výkonem. V začátcích dálkového ovládání se

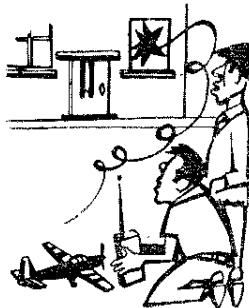


Obr. 3. Rozdělení kmitočtového pásma 27 MHz

jako vysílače používaly nejprve sóloosci-látory a jako přijímače superreakční de-tektory. S rozvojem tohoto oboru se za-čaly používat vysílače řízené krystalem, jako přijímače byly však stále nejvíce rozšířeny superreakční detektory. Během posledních let však technický roz-voj souprav dálkového ovládání probíhá velmi bouřlivě – došlo i k požadavku sou-časného použití více souprav dálkového ovládání. Bylo proto nezbytné rozdělit pásmo 27 MHz na kanály s rozestupem 10 kHz a jako přijímače souprav po-užívat superhety. Rozdělením pásmo 27 MHz vzniklo tříctet dva kmitočtových kanálů (obr. 3) – nevyužívá se však roz-dělení po 10 kHz, neboť při vzdálenosti kanálů 10 kHz by byly kladený značné požadavky na přijímače souprav dálko-vého ovládání. (V poslední době se však např. v západoněmeckých časopisech objevuje stále více a více článků s touto tématikou. Navrhuje se používat přijí-mače s dvojím směšováním a šírkou pásma 3 kHz a selektivitou kanálů > 80 dB). V současné době používají výrobci sou-prav dálkového ovládání v NSR 12 kmi-točtových kanálů (obr. 3), přičemž střed pásmo (tj. 27,125 MHz) je určen výhradně pro vysílače v soupravách, u nichž se jako přijímač používá superreakční detektor.

I když používání superheterodynů u nás není dosud vyřešeno, bylo by výhodné, kdyby příslušné orgány rozdělily pásmo 27 MHz na kmitočtové kanály již v současné době. Tím by se udělal první krok k ještě masovějšímu používání souprav dálkového ovládání.

Dříve se často používaly soupravy s amplitudovou modulací, v současné době se téměř výhradně používá pulsně amplitudová modulace, i když PAM



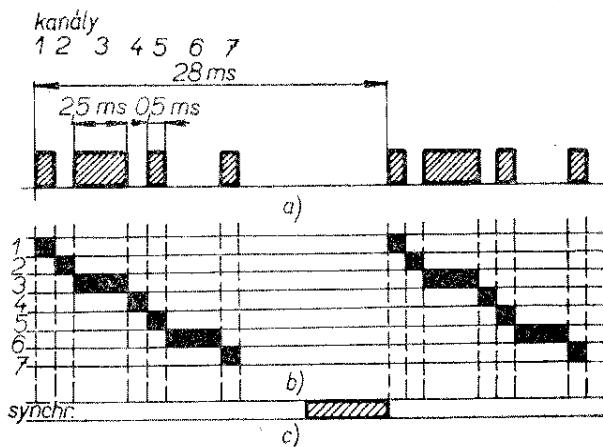
(pulsné amplitudová modulace) není tak energeticky účinná jako amplitudová modulace. Vyzářený výkon při PAM je menší než při vysílání pouze nosné. PAM je ovšem značně jednodušší a pro přenos pulsů velmi výhodná.

Sedmikanálová simultánní souprava dálkového ovládání (digitální systém)

Popis činnosti

Vysílaný signál jsou opakující se skupiny čtyř pulsů a čtyř mezer (časový multiplex). Opakovací kmitočet vysílaných skupin pulsů je 28 ms. V tomto systému je funkční každý impuls i mezera – jsou nositeli informací a vyhodnocují se. Pro liché kanály (tzn. 1, 3, 5, 7) jsou nositeli informace pulsy a pro sudé kanály (tzn. 2, 4, 6) jsou nositeli informace mezery. Vyhodnocování informace je skokové (bang – bang). Pro „vypnuty“ kanál je šířka pulsu nebo mezery asi 0,5 ms, pro „zapnuty“ kanál se šířka pulsu nebo mezery zvětší na pětinásobek (tj. asi 2,5 ms). Obr. 4a ukazuje tvar vysílaného signálu, kdy jsou zapnuty kanály 3 a 6 a ostatní vypnuty. Přijatý signál se dekóduje ve dvoustupňovém binárním čítači.

Binárnímu čítači je předřazen spínací obvod. Kombinací časových výstupů celého dekodéru ABCDEF (obr. 11) se zíkává sedm kanálových výstupů: osmá poloha odpovídá synchronizační periodě. Tabulka časových výstupů dekodéru je na obr. 4b. Do výstupu každého kanálu je zapojen detektor šířky pulsu, v němž se integrují jednotlivé pulsy a vyhodnocují informace. Použití časového multiplexu v systému dálkového ovládání podmiňuje použití synchronizace. K synchronizaci se využívá mezery, která oddělují jednotlivé skupiny (čtyři pulsy a tři mezery) časového multiplexu. Tato



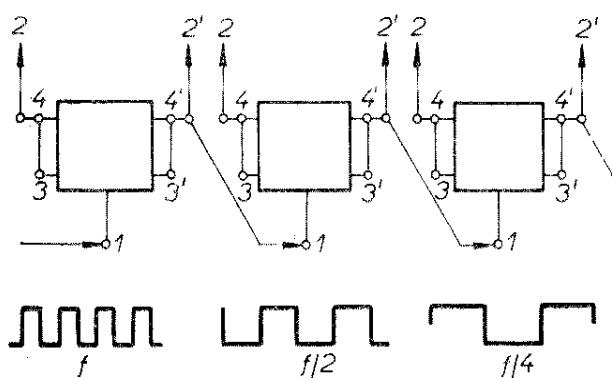
Obr. 4.

mezera má proměnnou délku (mezi 9,5 až 24,5 ms, obr. 4c, podle toho, kolik kanálů je v činnosti). I její minimální délka (asi 9,5 ms, jsou-li všechny kanály v činnosti) je stále ještě dostatečná k tomu, aby byla mezera spolehlivě zaznamenána synchronizačním obvodem. V době synchronizační mezery se binární čítač nastavuje synchronizačním obvodem do výchozího (počátečního) stavu.

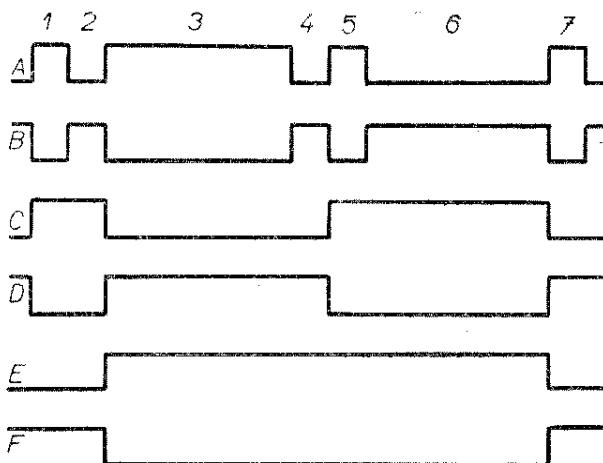
Protože se v tomto zařízení používá u dekodérů obvodů, které se v soupravách dálkového ovládání běžně nepoužívaly, považujeme za nutné blíže osvětlit činnost těchto obvodů.

Dekodér se skládá z binárního čítače a diodové matice. Binární čítač vzniká spojením potřebného počtu bistabilních klopových obvodů.

Blokové schéma spojení tří binárních obvodů je na obr. 5. Značení vývodů odpovídá obr. 10. Kolektorová napětí tranzistorů jednotlivých stupňů odpovídají počtu pulsů, přijatých na vstupu. Počet pulsů je vyjádřen ve dvojkové soustavě. Při trvalém buzení se z výstupů jednotlivých obvodů odebírají (vzhledem k předcházejícímu obvodu) signály obdélníkových průběhů s polovičními opakovacími kmitočty. V našem případě je nutné vyhodnocovat každý impuls i mezeru. Proto je nutné složit binární čítač z jednoho spínacího obvodu a dvou bistabilních klopných obvodů. Byl-li by binární čítač složen pouze z bistabilních klopných obvodů, vyhodnocovaly by se pouze pulsy. Tvar výstupního napětí na jednotlivých časových výstupech čítače (ABCDEF, obr. 11) je na obr. 6



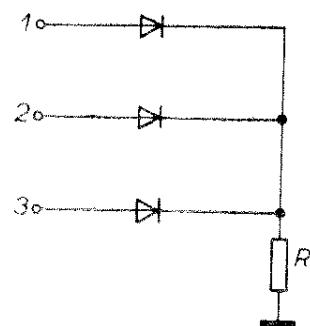
Obr. 5. Použití bistabilních obvodů v binárním čítači



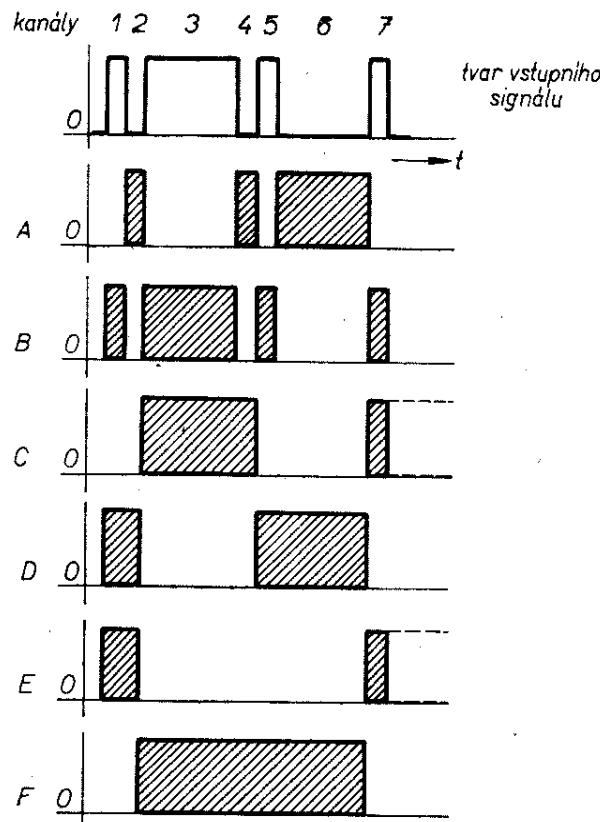
Obr. 6. Tvar výstupního napětí na jednotlivých časových výstupech

(kanály 3 a 6 jsou v činnosti). Pomocí diodové matice dochází k vyhodnocení „stavu“ jednotlivých časových výstupů v daném časovém okamžiku. Diodová matice (obr. 12) se skládá ze sedmi tří-vstupových diodových hradel (obr. 7). Je-li na všech třech vstupech (1, 2, 3) zá-porné napětí, hradlo nevede. Při pozitivní logice (kladné pulsy) se tedy vyhodno-cuje logická nula. Nakreslíme-li si tedy na časové osy okamžiky, kdy na jednotlivých výstupech čítače jsou logické nuly (obr. 8), dostáváme spojením sobě odpovídajících časových úseků veškeré možné kombinace nezávislých výstupů diodového pole. Podle tabulky na obr. 9 vidíme, že existuje celkem osm možných kombinací (s připočtením výchozího stavu). Sedmi možností se využívá pro výstupy jednotlivých kanálů a osmá poloha je synchronizace.

Bistabilní klopný obvod je stavebním celkem binárního čítače. Je to vlastně elektronický dvoupolový spínač. Klopný obvod pracuje na principu klasického



Obr. 7. Třístupňové diodové hradlo



Obr. 8. Rozložení nul na jednotlivých výstupech čítače na časové ose

elektronkového paměťového členu (tzv. Eccles-Jordanův bistabilní obvod), v němž je možné uchovat jednu informaci (tj. jeden bit). Jde o souměrný, přímovázany zesilovač s přímou zpětnou vazbou z výstupu na vstup. Jak vyplývá z označení, má tento obvod dva stabilní stavů (jedna elektronka je uzavřena, druhá otevřena).

Ještě širší možnosti využití bistabil-

1	B	D	E
2	A	D	E
3	B	C	F
4	A	C	F
5	B	D	F
6	A	D	F
7	B	C	E
8	A	C	E

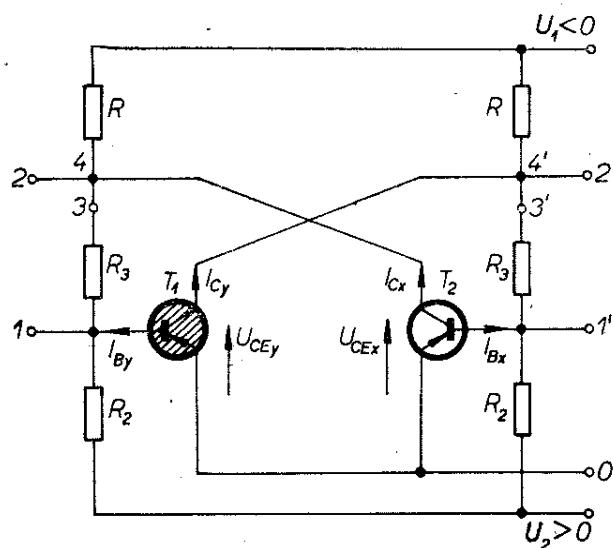
Obr. 9. Možné kombinace výstupů čítače

ních obvodů lze získat použitím plošných tranzistorů, které vyžadují jen malé napájecí napětí, mají malou spotřebu energie a také malé rozměry. Funkce tranzistorových obvodů je shodná s funkcí obvodů s elektronkami. Tranzistory mohou být typu p-n-p i n-p-n; tím je dána polarita emitoru a kolektoru vzhledem k bázi. Popíšeme zapojení obvodu s tranzistory typu p-n-p, protože všechny tranzistory v soupravě jsou tohoto typu.

Vede-li tranzistor T_1 (obr. 10), je na jeho kolektoru (výstup 2') malé zbytkové záporné napětí a hlavní vliv na polaritu báze T_2 má zdroj pomocného napětí U_2 . Tranzistor T_2 je tedy uzavřen, nevede a na jeho kolektoru (výstup 2) je téměř plné napájecí napětí U_1 . To pak z odbocky mezi odpory R_2 , R_3 udržuje tranzistor T_1 ve vodivém stavu. Je to vlastně dvoustupňový přímovázaný zesilovač s kladnou zpětnou vazbou. Jsou-li oba tranzistory v aktivní oblasti, musí být celkové zesílení smyčky větší než jedna, např. vyjádřeno přibližně proudovým zesílením

$$A_i = a_E \frac{R}{R + R_s} > 1,$$

aby bistabilní obvod naležitě pracoval. Zavírací impuls na bázi vodivého tranzistoru (zde pro polaritu p-n-p kladný impuls na svorce 1) posouvá pracovní bod po zatěžovací přímce. V době od počátku impulsu do okamžiku, kdy pracovní bod vstoupí do aktivní oblasti,



Obr. 10. Bistabilní klopný obvod

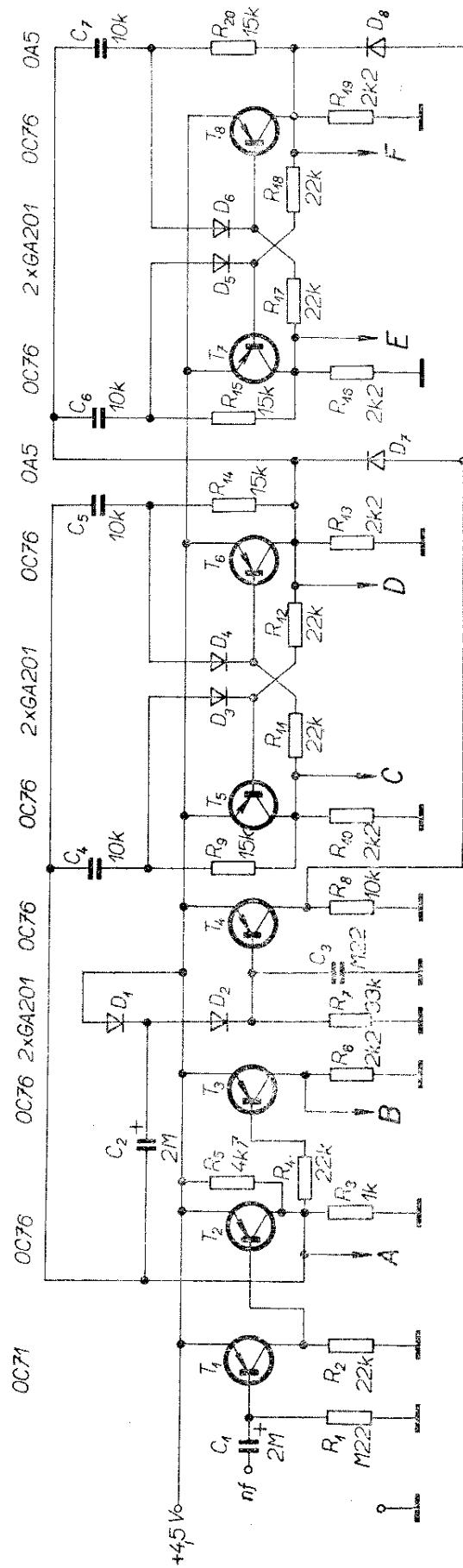
vybíjí se nadbytečný náboj v obvodu báze. Tato doba tedy závisí na stupni nasycení. Dalším pohybem pracovního bodu se zvětšuje U_{CEy} směrem k záporným hodnotám a současně se otevírá tranzistor T_2 . Jakmile se oba tranzistory dostanou do aktivní oblasti, uplatní se kladná zpětná vazba, která ještě zdůrazní a ladinovitě urychlí původní děj. V okamžiku, kdy se pracovní bod tranzistoru T_1 posune do oblasti zahrazení a pracovní bod tranzistoru T_2 do oblasti nasycení, kladná zpětná vazba se změní, děj se zpomalí a ukončí stabilním stavem.

K ovládání se může též použít otevírací impuls na bázi nevodivého tranzistoru.

Budicí impuls velké intenzity může způsobit převedení tranzistoru do opačného stavu dříve, než ho může sledovat druhý tranzistor. V určitém úseku mohou být např. oba tranzistory v oblasti nasycení, čímž se zmenšuje účinek kladné zpětné vazby.

Citlivost obvodu určuje impuls minimální amplitudy a délky, potřebný k překlopení. Z předchozího plyne, že je podle stupně nasycení třeba zvětšit délku nebo amplitudu zavíracího budicího impulsu. U daného zapojení závisí stupeň nasycení a tím i citlivost na proudovém zesílení α_E použitých tranzistorů. Potřebná amplituda budicích pulsů se zvětšuje přibližně lineárně se zvětšujícím se α_E . U rychlých bistabilních obvodů je tedy nutno používat bud tranzistory vybírané s ohledem na α_E nebo obvody zamezující nasycení tranzistorů. Maximální přepínací kmitočet závisí tedy především na vlastnostech tranzistorů a velikosti i délce budicího impulsu: ty určují dobu potřebnou k přechodu z jednoho stavu do druhého. Pro rychlé spínací obvody se volí podmínky provozu v nenasyceném stavu.

Pro méně přísné požadavky se konstruují bistabilní klopné obvody bez použití předpětí (napětí $U_2 > 0$). Takto navržené bistabilní klopné obvody pracují též spolehlivě (ovšem v menším rozsahu pracovních teplot) a je kladen přísnější požadavek na velikost klidového proudu použitých tranzistorů. V zařízení



Obr. 11. Dekódovací část přijímače Seven Simul

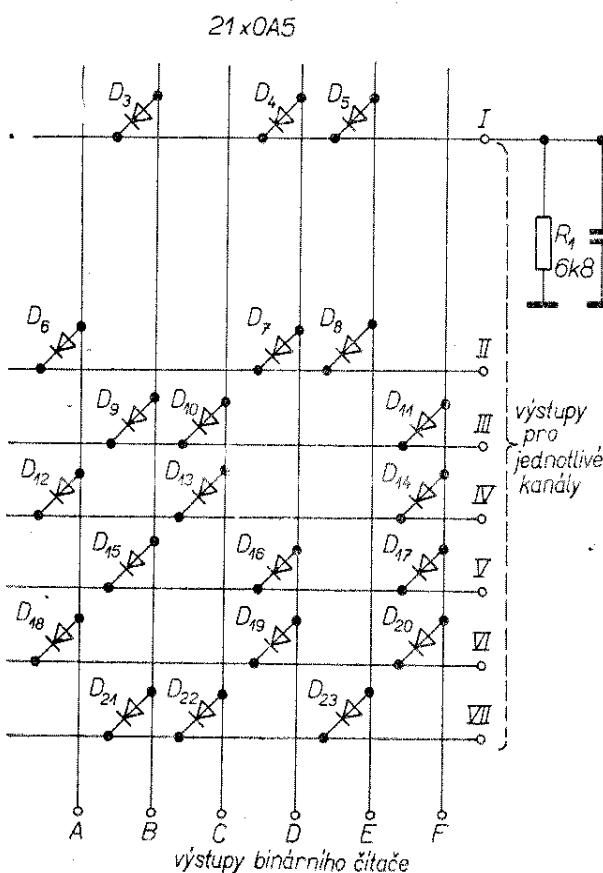
na obr. 11 jsou použity bistabilní klopné obvody bez pomocného předpětí.

Tvar vysílaného signálu může být generován několika způsoby. Popisované zařízení používá následný čítač spouštěný multivibrátorem (ten vytváří opakovací kmitočet skupiny pulsů časového multiplexu). Tento pulsní modulátor pracuje tak, že je v době impulsu vysílan signál nosného kmitočtu vysílače a v době mezery se vysílání nosné vlny přeruší. Časování (tj. trvání pulsů a mezer v časovém multiplexu i délka synchronizační mezery) není v tomto systému kritické, takže umožňuje použití germaniových tranzistorů ve všech obvodech.

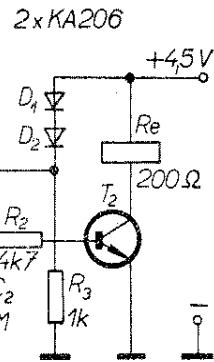
Popis jednotlivých částí zařízení

Přijímač

Přijímač se skládá ze tří částí. První částí je vlastní přijímač, který dodává základní signál. Druhá část přijímače slouží k dekódování signálu (binární čítač a diodové pole). Třetí část pak obsahuje vyhodnocovací obvody.



Binární čítač (obr. 11) se skládá z předřazeného spínacího stupně s tranzistory T_2 , T_3 , ze dvou binárních klopných obvodů s tranzistory T_5 , T_6 , T_7 , T_8 a ze synchronizačního obvodu T_4 . Signál zesílený zesilovacím stupněm s tranzistorem T_1 se přivádí na bázi prvního tranzistoru spínacího obvodu T_2 . V kolektoru T_2 je první časový výstup (A). Současně se z tohoto místa ovládá (spouští) první bistabilní klopný obvod s tranzistory T_5 , T_6 a druhý spínací tranzistor T_3 . Z kolektoru T_3 je vyveden druhý časový výstup (B). Tento stupeň pracuje vlastně jako invertor. Signál na jeho kolektoru je invertovaný signál z kolektoru T_2 . Kladně derivovaný signál ovládacího impulsu z kolektoru T_2 (převedený na bázi T_5) překlopí bistabilní klopný obvod do druhé stabilní polohy. Z kolektoru T_5 je vyveden další časový výstup (C). Z kolektoru T_6 je vyveden časový výstup (D) a současně se z tohoto místa ovládá druhý bistabilní klopný obvod s tranzistory T_7 , T_8 . Kladně derivovaným impulsem z kolektoru T_6 se překlápi druhý bista-



Obr. 12. Diodová matici a detektor šířky impulsu

bilní klopný obvod s tranzistory T_7 a T_8 . Zbývající časové výstupy (E a F) jsou vyvedeny z kolektorů tranzistorů T_7 a T_8 .

Synchronizační obvod pracuje tak, že se synchronizační mezera vysílaná v základním signálu invertuje (převádí) prvním spínacím tranzistorem T_2 na synchronizační impuls. Tento synchronizační impuls z kolektoru T_2 se přivádí přes kondenzátor C_1 na obvod diodové „pumpy“ D_1 , D_2 v bázi T_4 , která jej uvede v činnost. Tím se nastaví dva bistabilní klopné obvody přes spínací diody D_7 a D_8 do výchozí polohy.

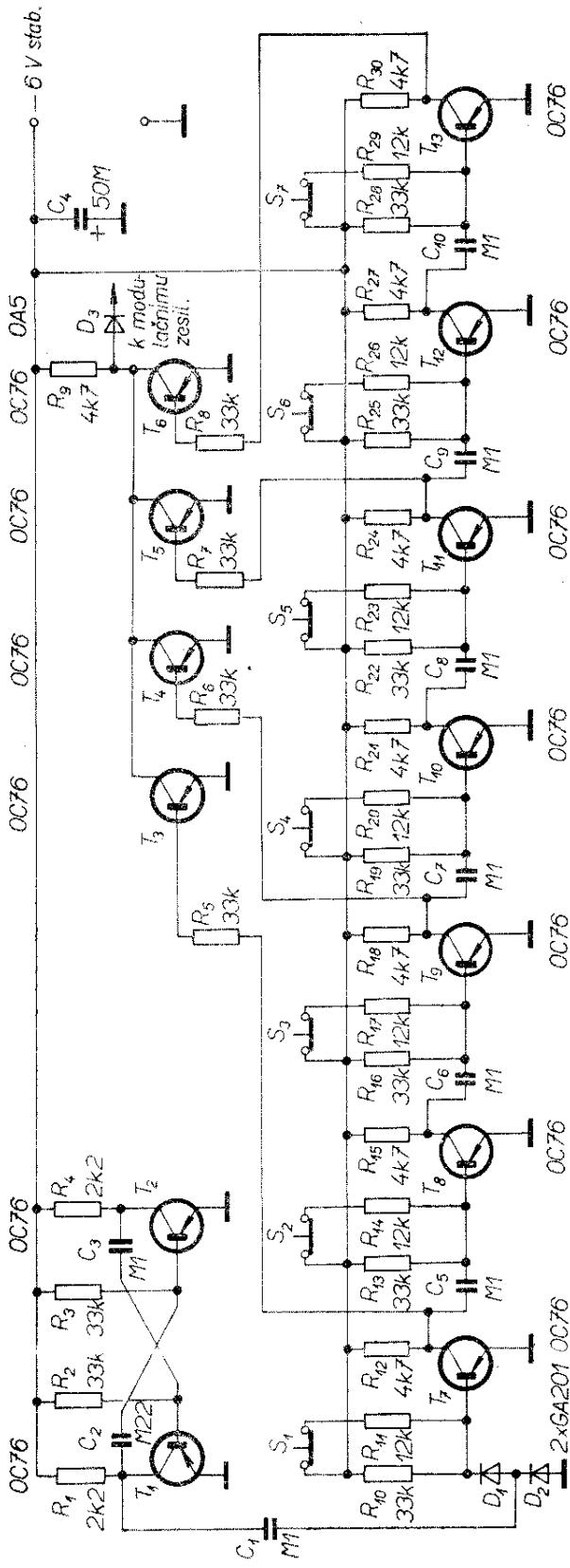
Signál se vytřídí do jednotlivých kanálů na diodové matici (obr. 12). Diodová matici má sedm třívstupových diodových hradel, připojených na časové výstupy A, B, C, D, E, F binárního čítače.

Vyhodnocacím obvodem je detektor šírky impulsu (obr. 12), jenž je připojen na výstup každého kanálu (kreslen pouze jeden). Detektor se skládá z integračního obvodu (R_1 , C_1) a spínacího obvodu s tranzistory T_1 a T_2 . Integrační obvod integruje jednotlivé roztríďené pulsy a dodává stálé napětí. Spínací obvod je nastaven tak, že při výstupní úrovni odpovídající „rozepnutému“ kanálu (0,5 ms) zůstává rozepnut. Při „zapnutí“ kanálu (2,5 ms, prodloužení přijímaných pulsů) má integrační obvod takové výstupní napětí, při němž se spínací obvod. Emitor T_1 je napájen ze zdroje předpětí (D_1 , D_2 , R_3). Tento zdroj předpětí může napájet emitory prvních spínacích tranzistorů vyhodnocovacích obvodů ve všech výstupech jednotlivých kanálů.

Celý přijímač je napájen z jedné baterie. Servomotory jsou napájeny ze samostatné baterie.

Kodér

Kodér (obr. 13) se skládá ze sedmi stupňů následného čítače buzeného multivibrátorem s tranzistory T_1 a T_2 . Multivibrátor udává základní časovací cyklus 28 ms. Kladně derivovaným obdělníkovým impulsem základního multivibrátoru je přes obvod diodové pumpy D_1 , D_2 spouštěn následný čítač s tranzistory T_7 až T_{13} . První se uvede v činnost tranzistor T_7 (uzavře se). Podle polohy spínače S_1 produkuje T_7 záporný impuls délky buď 0,5 nebo 2,5 ms. Derivací zadní hrany tohoto impulsu se uvede v činnost (uzavře se) další stupeň následného čítače s tranzistorem T_8 . Tento postup se opakuje tak dlouho, až se uvede v činnost (uzavře se) poslední stupeň následného čítače s tranzistorem T_{13} . Tak dostaneme sedm záporných pulsů s dobovou trvání podle polohy jednotlivých tláčkových spínačů S_1 až S_7 . Sírka vzniklých záporných pulsů se řídí časovou konstantou článků RC v bázi jednotlivých



Obr. 13. Kodér vysílače Seven Simul

stupňů následného čítače (C_5 až C_{10} a R_{10} až R_{30}). Při sepnutém tlačítku (základní poloha) je časová konstanta tvořena kapacitou příslušného kondenzátoru a paralelní kombinací odporů; délka impulsu je 0,5 ms. Rozepnutím tlačítka (tj. vysíláním povelu) se zruší paralelní kombinace odporů v článku RC ; odpor se zvětší a tím se prodlouží i časová konstanta a záporný impuls se prodlouží na 2,5 ms. Po skončení sedmi pulsů je následný čítač opět připraven v základní pracovní poloze (tzn. všechny tranzistory jsou otevřeny) k derivaci řídicího impulsu ze základního multivibrátoru.

V této době až do příchodu spouštěcího signálu (derivovaný řídicí impuls) se vysílá synchronizační mezera. Protože tento systém používá pro přenos informace i oddělovací mezery mezi pulsy, jsou sudé záporné pulsy postupného čítače invertovány tranzistory T_3 až T_6 se společným kolektorovým odporem. Na tomto odporu se objeví již úplný vysílaný signál včetně synchronizační mezery. Signál lze přes diodu D_3 převádět na spínací stupně modulátoru vysílače.

Nastavení

K uvedení celého zařízení do chodu stačí naladit přijímač. Případná korekce systému se může udělat následovně:

1. Tranzistor T_4 v přijímací části má vést v době synchronizační mezery i v době, kdy je všemi kanály přenášena informace (tzn. je-li délka synchronizační mezery asi 9,5 ms). Při korekci měníme kapacitu kondenzátoru C_3 .

2. Spínací tranzistor detektoru šírky pulsu (T_1 , obr. 12) nesmí vést při délce pulsů 0,5 ms. Jestliže tranzistor vede, je nutné změnit kapacitu kondenzátoru C_1 (obr. 12) integračního obvodu nebo velikost napětí na emitoru T_1 .

Rozpiska materiálu

Kodér vysílače

Odpory

R_1, R_4 TR112, 2,2 k Ω
 $R_2, R_3, R_5, R_6, R_7, R_8, R_{10}, R_{13}, R_{16}, R_{19}, R_{22}, R_{25}, R_{28}$ TR112, 33 k Ω
 $R_9, R_{12}, R_{15}, R_{18}, R_{21}, R_{24}, R_{27}, R_{30}$ TR112, 4,7 k Ω
 $R_{11}, R_{14}, R_{17}, R_{20}, R_{23}, R_{26}, R_{29}$ TR112, 12 k Ω

Kondenzátory

$C_1, C_3, C_5, C_6, C_7, C_8, C_9, C_{10}$ TC181, 0,1 μ F
 C_2 TC180, 0,22 μ F
 C_4 TC941, 50 μ F

Tranzistory

T_1 až T_{13} OC76

Diody

D_1, D_2 GA201
 D_3 OA5

Ostatní materiál

S_1 až S_7 rozpínací tlačítkové spínače

Dekodér přijímače

Odpory

R_1 TR112, 0,22 M Ω
 $R_2, R_4, R_{11}, R_{12}, R_{17}, R_{18}$ TR112, 22 k Ω
 R_3 TR112, 1 k Ω
 R_5 TR112, 4,7 k Ω
 $R_6, R_{10}, R_{13}, R_{16}, R_{19}$ TR112, 2,2 k Ω
 R_7 TR112, 33 k Ω
 R_8 TR112, 10 k Ω
 $R_9, R_{14}, R_{15}, R_{20}$ TR112, 15 k Ω

Kondenzátory

C_1, C_2 TC 943, 2 μ F/15 V
 C_3 TC180 0,22 μ F/100 V
 C_4, C_5, C_6, C_7 TK751, 10 nF

Tranzistory

T_1 OC71
 T_2 až T_8 OC76

Diody

D_1 až D_6 GA201
 D_7, D_8 OA5

Diodové pole a vyhodnocovací obvody

Odpory

R_1 TR112, 6,8 k Ω
 R_2 TR112, 4,7 k Ω
 R_3 TR112, 1 k Ω

Kondenzátory

C_1 TC180, 0,22 μ F/100 V
 C_2 TC941, 10 μ F (popř. TC942, 5 μ F)

Tranzistory

T_1 OC76
 T_2 102NU71

(Doporučenou kapacitu 8 μ F (C_2) nalezeme měřením).

Digitální šestikanálová souprava Kraft Prop Control

Elektronické přístroje lze vybavit vším možným komfortem nebo mohou

být co nejjednodušší (jako Kraft Prop Control), pokud tím neutrpí spolehlivost řídicí soupravy. Při desetihodinových zkouškách soupravy Kraft se nevyskytla ani jediná závada při všech možných pracovních režimech. Výrobci se tedy podařilo sloučit požadavky na maximální jednoduchost (nižší cena) a maximální spolehlivost funkce soupravy.

Souprava pracuje systémem digitálního proporcionálního přenosu informace. Je speciálně konstruovaná k ovládání leteckých modelů.

Vysílač

Obvykle používané vysílače se nosí zavěšené na řemenu kolem krku. Vysílač této soupravy je umístěn v malém pouzdře a při provozu se drží v ruce – palci, popř. palci a ukazováčky se ovládají obě řídicí páčky. Celý vysílač váží pouze něco přes 1 kg a velmi dobře se drží v ruce. Pouzdro je z hliníkového plechu, je potažené koženkou a proto neklouže z rukou, umaštěných od paliva při nahazování motoru. Čtyři povely jsou řízeny řídicími páčkami a mají jemné nastavení výchozí polohy. Další dva kanály se ovládají dvěma běžci. Řídicí páčky jsou na skřínce umístěny tak, aby je bylo možno snadno ovládat. Doladovací páčky jdou poněkud ztuha, aby nemohlo dojít k jejich posunu náhodným dotykem. Ovládač k řízení rychlosti otáčení motoru má stavitevnou brzdu, kterou se může nastavit moment potřebný k pohybu páčky. Agregáty ovládačů jsou celé z plastické hmoty, nedochází u nich tedy nikdy ke tření kovu o kov a tím k případnému vzniku rušivých pulsů ve vysílači. Doladování působí mechanicky na řídicí agregát a poněkud mění nulovou polohu ovládače. Ovládač je uložen v kulovém kloubu, který je na zevní straně utěsněn pryžovou manžetou. Kompletní ovládače jsou upevněny na skříni vysílače čtyřmi šrouby a jsou vzájemně zámenné.

Vestavěný měřicí přístroj ukazuje vyzařovaný výkon. Tím je kontrolována funkce vysílače a současně i stav baterií. Údaj měřidla je nezávislý na poloze vysílače. Při kontrole musí být anténa zcela

vytažena. K napájení vysílače se používají články DEAC 8/500 DKZ (NiCd). Provozní napětí vysílače je 10 V. Spotřeba proudu je 70 mA a výstupní výkon asi 300 mW. Akumulátory dovolují nepřetržitý provoz po čtyři až pět hodin, potom je nutno je opět nabít. Zdroje mají tedy dostatečnou rezervu pro lety s řízenými modely na soutěži i v tréninku, pokud právě nechce modelář dosáhnout světového rekordu v době trvání letu. Se soupravou je dodáván i malý nabíječ, který lze nasadit na skříňku vysílače. Články se však nabíjejí až tehdy, je-li do svorek na vysílači připojen i přijímač. Potom se rozsvítí i kontrolní žárovka nabíjení, která je na dně vysílače poblíže svorek. Protože je spotřeba přijímače včetně servosystémů přibližně stejná jako spotřeba vysílače, je zcela na místě, nabíjejí-li se oba akumulátory současně. Tím je též zaručeno, že jsou oba články (přijímače i vysílače) stejně nabity.

Celá elektronická část vysílače je rozmištěna přehledně na jedné základní desce. Vysílač je osazen výhradně křemíkovými tranzistory.

Přijímač

Přijímačem soupravy je superhet se šírkou pásma 7 kHz. Je konstruován pro připojení šesti servosystémů, tedy pro šest proporcionálních kanálů; je velmi malý, jeho rozměry jsou $65 \times 65 \times 25$ mm a váží pouze 120 g. Vzhledem k malým rozměrům a váze ho lze použít i v malých modelech, kde je nouze o prostor. Spodní díl skřínky přijímače je z duralového plechu tloušťky více než 1 mm. Je ohnut do tvaru U, takže dokonale chrání součástky přijímače i při velmi tvrdých nárazech. Kryt skřínky přijímače je z tenčího duralového plechu, který lze nasouvat přes spodní díl skřínky. Kryt lze snadno sejmout.

Jednotlivé části přijímače jsou montovány na deskách z polyesteru, zesíleného skelnými vlákny. K ochraně proti vibracím jsou desky zality silikonovým kaučukem. Krystal je v přijímači připájen. To je výhodné vzhledem k dokonalému připojení – nevýhodou je však

nemožnost rychle měnit jednotlivé kanály. Z přijímače je vyvedeno šest kabelových připojek s malými zástrčkami k připojení servosystémů a připojka pro napájení. Připojky pro servosystémy mají nový typ plochých zástrček se širokými noži, které zajišťují spolehlivý kontakt. Zástrčky i zásuvky jsou barevně označeny, aby nebyla možná záměna.

Servosystémy

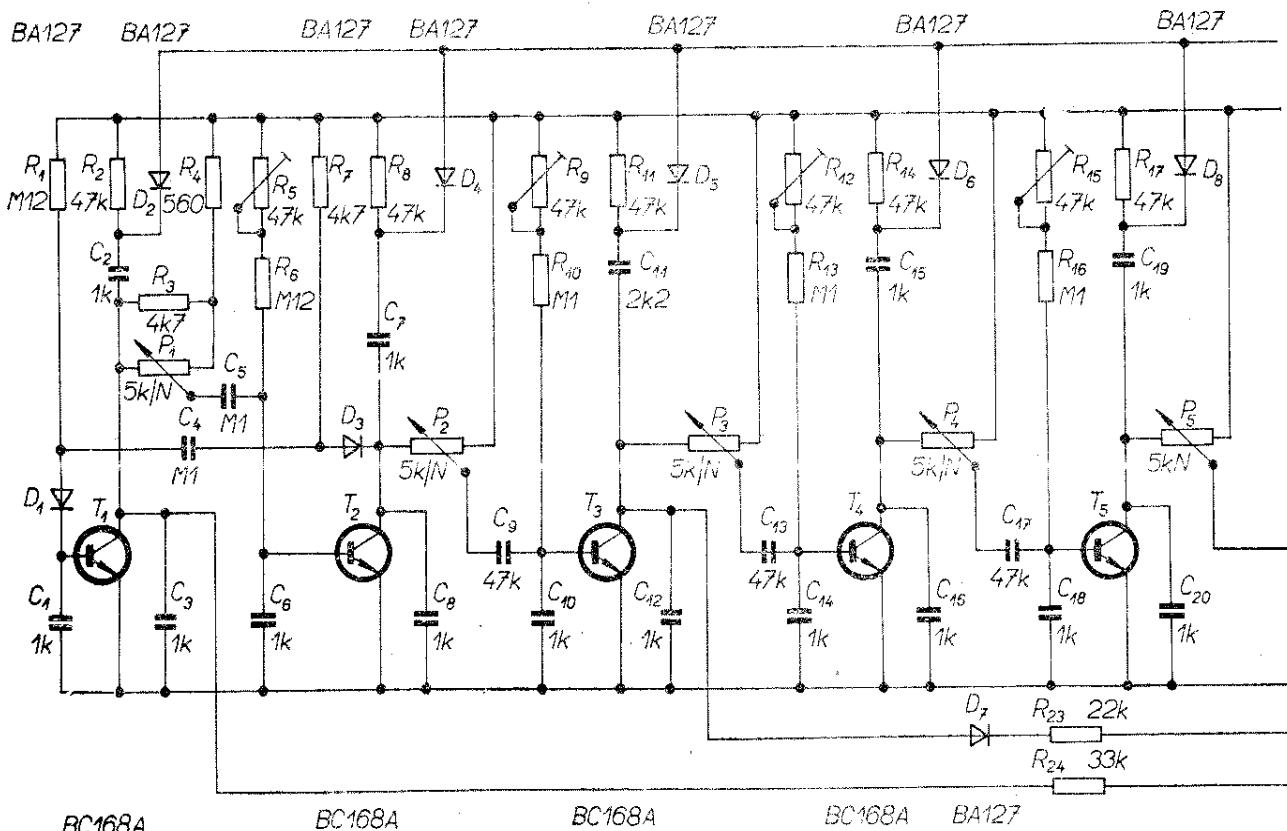
Servosystémy jsou stabilní a vyvíjejí značný tah. Použitý detektor šířky impulsu pracuje s velkou rozlišovací schopností a bezporuchově. Pohonným motorem je osvědčený motor Mitsumi, který má pětidílný rotor i stator a je zcela uzavřen. Převody jsou značně předimenzovány a mají velmi malou vůli (mrtvý chod). Jsou zhotoveny z odolné plastické hmoty a dovolují značné přetížení. Na přestavných táhlech servomotorů jsou robustní čepy pro připojení ovládacích táhel.

Servo pracuje na principu porovnávání pulsů – poměr je regulován drátovým potenciometrem. Váha serva je značná – 80 g; také rozměry $78 \times 43 \times 25$ mm

nejsou právě malé. Přesto je možné serva doporučit, neboť jsou velmi robustní a vzhledem k jejich plochému tvaru je jich možno namontovat více vedle sebe.

Napájení

V napájecím zdroji jsou čtyři články DEAC 500 DKZ. Články jsou uzavřeny v prostoru z plastické hmoty. Touto baterií je napájen přijímač a všechny připojené servosystémy. Při provozním napětí 4,8 V váží celý zdroj pouze 16 g (včetně spínače). Spotřeba přijímače je velmi malá. Jedno nabítí akumulátorů odpovídá třem až čtyřem hodinám provozu (doba provozu je ovšem závislá na tom, jak často pracují serva a kolik je jich najednou v činnosti). Přijímač odebírá proud asi 20 mA a každé servo má kličkový proud 5 až 6 mA. Při činnosti odebírá příslušné servo podle velikosti výchylky proud průměrně 150 mA. Vezmou-li se v úvahu všechny tyto údaje, vyplývá z nich, že je možné létat s větrném se dvěma servopohony 5 až 6 hodin – plně se využije kapacita akumulátorů, napájejících přijímač.



Popis zapojení soupravy

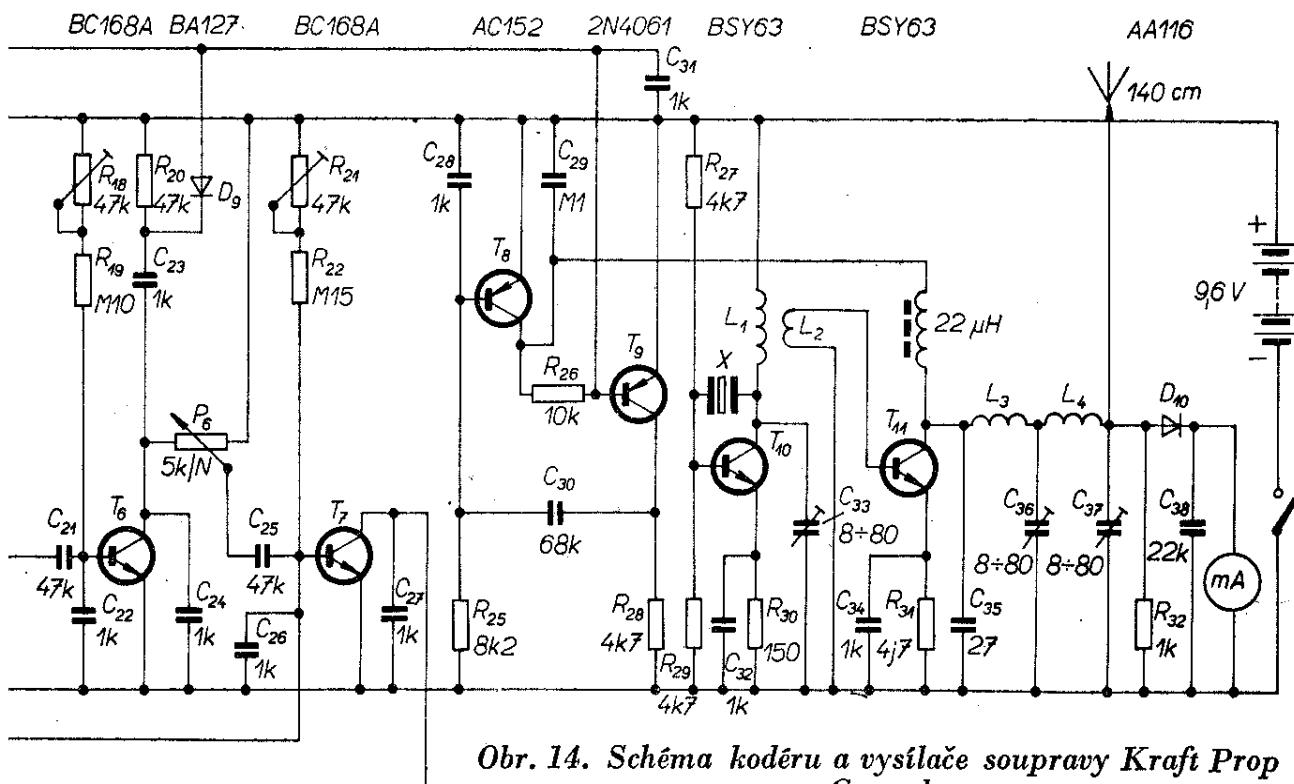
Vysílač

Vf díl vysílače je dvoustupňový (obr. 14). Koncový stupeň je přímo vázán na oscilátor bez budicího stupně. Všechny cívky jsou samonosné. Oscilátor je řízen krystalem, který je připájen jako v přijímači. Cívka L_1 tvoří s proměnným kondenzátorem C_{33} sériový rezonanční obvod – krystal pracující na harmonickém kmitočtu kmitá pak pouze na kmitočtu v pásmu 27 MHz. Koncový stupeň je indukčně vázán cívkou L_2 . K dokonalé filtraci harmonických kmitočtů a k odříznutí postranních pásem slouží výstupní obvod z dvojitého článku Π . Anténa je dlouhá asi 140 cm a je bez prodlužovací cívky. Detekční dioda je připojena přes vazební kondenzátor s malou kapacitou. Vyhlazené detekované napětí se přivádí na měřicí přístroj, takže je v každém okamžiku umožněna kontrola činnosti vysílače.

Koncový stupeň je napájen přes tlumivku a spínací tranzistor T_8 . Ten je v počátečním stavu zcela otevřen, pro-

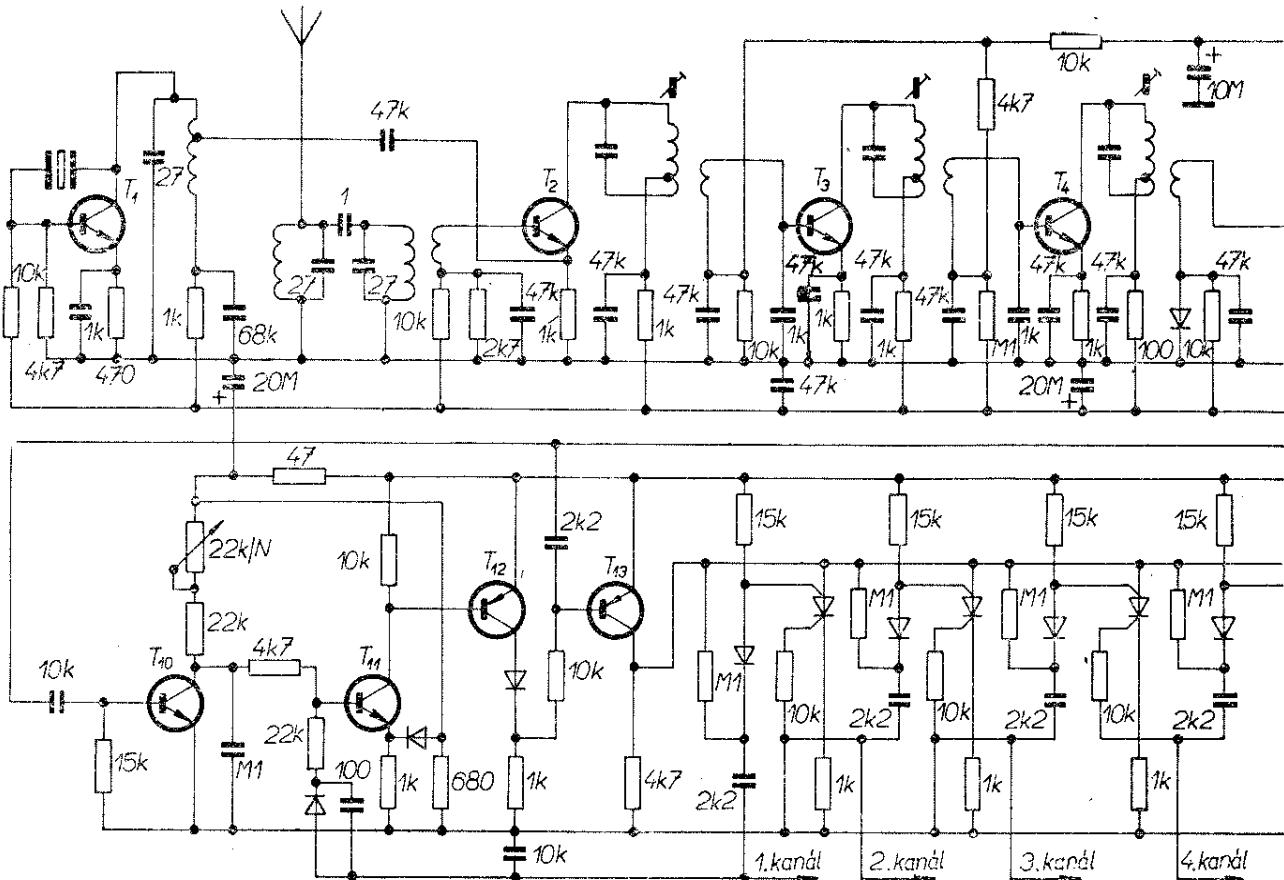
tože jeho báze dostává záporné předpětí (úbytek napětí na odporu $8,2 \text{ k}\Omega$). Nosný kmitočet je tedy vysílán stále. Báze T_9 je přes odpor $10 \text{ k}\Omega$ připojena na kolektor T_8 a má kladné předpětí – T_9 nevede. Kolektor T_9 a báze T_8 jsou spolu spojeny kondenzátorem. Kondenzátorem procházejí modulační pulsy na bázi T_8 a uzavírají jej na přesně stanovenou dobu. Tím se přeruší obvod napájecího napětí pro koncový stupeň a vzniká ve vysílání nosné vlny mezera po dobu modulačního impulsu – vysílač je modulován pulsně amplitudovou modulací.

Tranzistory T_1 a T_2 je osazen multivibrátor, který generuje obdélníkové kmity. P_1 mění kmitočet a šířku impulsu pro první povl. Multivibrátor pracuje asymetricky (doba otevření tranzistorů T_1 a T_2 je rozdílná). Činnost tohoto základního multivibrátoru je ovlivňována tranzistorem T_7 . Multivibrátor kmitá pouze tehdy, je-li T_7 uzavřen. Tranzistor T_7 je však normálně otevřen a může být krátce uzavřen jen impulsem z tranzistoru T_6 . Multivibrátor bude tedy v činnosti pouze při změně stavu T_7 . Pulsy z kolektorů T_1 a T_2 se rozlišují článkem RC a přivádějí



Obr. 14. Schéma kodéru a vysílače soupravy Kraft Prop Control

(anténa má být od obvodu měřidla oddělena kondenzátorem asi $4,7 \text{ pF}$)

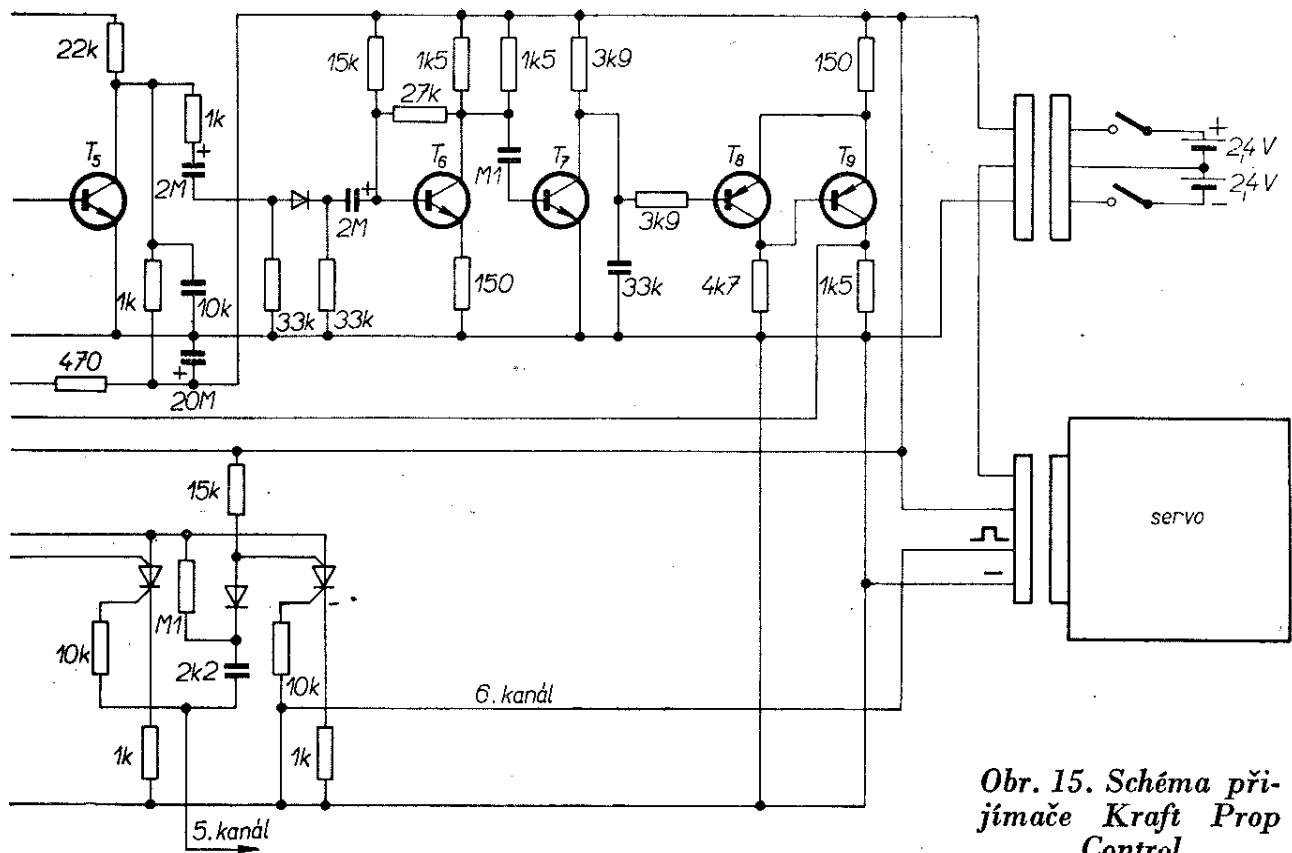


přes diody jako řídicí pulsy. Budicí pulsy se odebírají z běžců potenciometrů v kolektorech jednotlivých stupňů. Polohou běžce tohoto potenciometru (oba potenciometry jsou řízeny ovládači) je tedy možné regulovat dobu, po níž následuje další impuls. Časová diference mezi náběhem a doběhem impulsu je informací pro odpovídající řídicí kanál. Vysílač se synchronizuje s přijímačem v přestávce, která následuje po skupině šesti pulsů a která je přibližně tak dlouhá jako doba, kterou potřebují pro přenos dva kanály.

Přijímač

Přijímač je konvenční konstrukce. Vstupní obvod je přizpůsoben použité anténě a má indukční vazbu se směšovačem. Oscilátor je oddělen od směšovače a je s ním vázán kapacitně. V mezinávlením zesilovači jsou běžné mf transformátory. Prvý a druhý stupeň mf zesilovače je řízen AVC. Vf signál je detekován diodou a tranzistorem, z něhož se též odebírá řídicí napětí pro AVC.

Pulsy jsou zesíleny ve spínacím obvodu s tranzistory T_8 a T_9 . Spínací obvod slouží i jako tvarovač. V části přijímače, v níž se zpracovávají pulsy, pracují jako synchronizátor tranzistory T_{10} až T_{13} . Tranzistory jsou zapojeny jako detektor šírky impulsu. Při mezeře je T_{10} uzavřen a T_{11} otevřen. Na jeho kolektoru je záporné napětí, proto vede tranzistor T_{12} . Tranzistor T_{13} je uzavřen, neboť má na bázi kladné napětí. Přes T_{13} přichází kladné napětí pro celý „počítač“ (T_{14} až T_{18}), který je konstruován z nových prvků, splňujících spínací funkce (nejsou větší než běžné tranzistory). Tyto prvky mají vždy dva stabilní spínací stavy. Pokud trvá synchronizační mezera mezi pulsy, je T_{13} uzavřen a počítač je v pohotovosti ve výchozím stavu. První impuls z přijímače sepne přes kondenzátor 10 000 pF detektor šírky impulsu a každý další impuls sepne počítadlo o jeden krok dál. Při tom se mění napětí na výstupech počítače. Klidové napětí odpovídající časové diferenci mezi náběhem dvou sousedních pulsů je na příslušném výstupu a používá se k řízení zesilovače v servech.

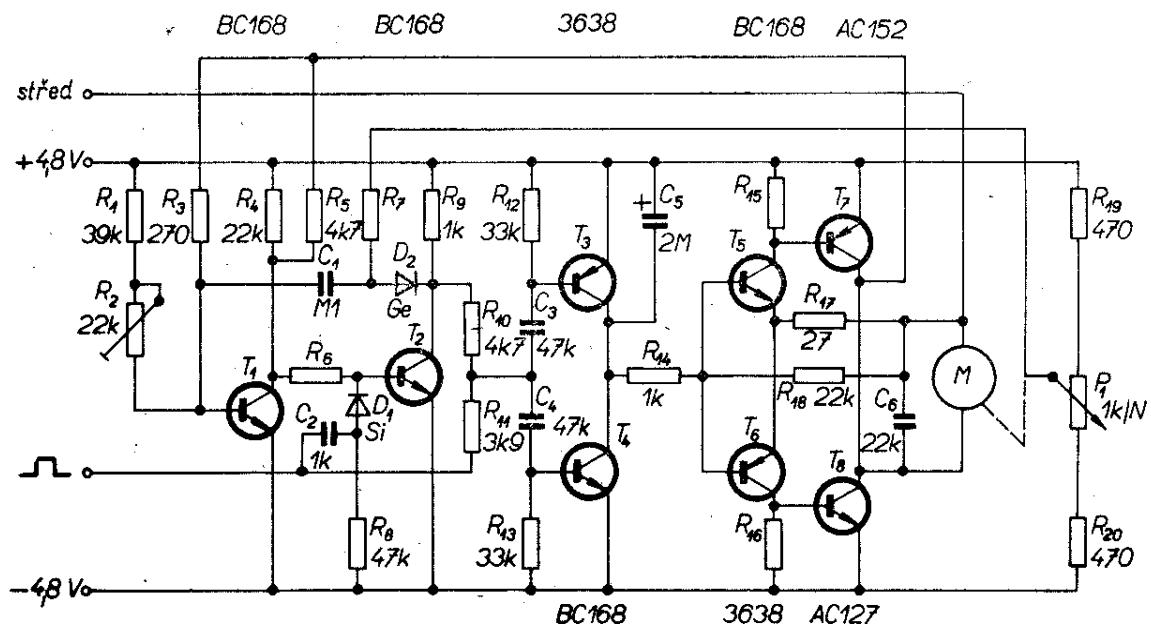


Obr. 15. Schéma přijímače Kraft Prop Control

Digitální servozesilovač

Servozenílovač pracuje s porovnáváním pulsů. Klidový proud je bez řídicího signálu velmi malý (asi 5 až 6 mA). Řídicí pulsy z přijímače (dekodéru)

uvedou v činnost monostabilní multivibrátor v servozesilovači a ten se vzhledem ke svému nestabilnímu stavu překlopí. Jak dlouho zůstane v překlopeném stavu, záleží na poloze běžce na regulačním potenciometru. Impuls na výstupu



Obr. 16. Schéma servozesilovače

monostabilního multivibrátoru se porovná ve srovnávacím stupni s řídícím impulsem z přijímače. Jsou-li oba pulsy stejně dlouhé, nevznikne rozdílové napětí (pulsy mají opačnou polaritu) a tím nedostane motor serva žádný řídící po- vel – nastavení serva odpovídá přesně nastavení ovládače na vysílači. Je-li vý- stupní impuls delší, vznikne rozdílové napětí a motor serva se dá do pohybu a přestavuje současně regulační poten- ciometr. Tím se mění i doba překlopení monostabilního multivibrátoru. Servo je v pohybu tak dlouho, až se opět vyrovná délka obou pulsů. Je-li výstupní impuls kratší, otáčí se motor serva opačným směrem a opět tak dlouho, až se přesta- věním regulačního potenciometru délka pulsů vyrovná. Vlastní servozesilovač je velice jednoduchý a je osazen pouze křemíkovými tranzistory. Všechny tři stupně jsou galvanicky vázány – je to tedy pouze proudový zesilovač. Jeho funkce je zřejmá bez popisu.

Konstrukce

Přijímač soupravy dálkového ovládání

Pásмо přidělených kmitočtů pro dálkové ovládání, občanská pojítka a jiné přístroje je široké 324 kHz. Pro zařízení, která mají na přijímací straně superreakční přijímač, je však šířka pásma nedostatečná. Šířka pásma superreakčního přijímače je asi 0,5 MHz – je tedy zřejmé, že i při jediném provozovateli může dojít k uzavření spojovací cesty cizím signálem. Po obou stranách „modelářského“ kmitočtového pásma se prosazují často dost silné (řádu kW) vysílače, jimž jsou tyto kmitočty přiděleny. I při ideálně na- staveném superreakčním přijímači (na střed přiděleného pásma) může tak dojít k zahlcení superreakčního přijímače signálem cizího silného vysílače. Tím je zamezen příjem signálů od vlastního vysílače a spojení je přerušeno. Doposud jsme uvažovali ideální podmínky, takže naladění přijímače se během doby ne- změnilo. Vezmeme-li však v úvahu např. vliv teploty, pak se zcela určitě naladění

superreakčního přijímače změní a mož- nost cizího zásahu do spojení se zvětší. A to jsme uvažovali pouze jednoho pro- vozovatele. Jak však víme, „tlačenice“ i v tomto pásmu roste tak prudce, až to není účastníkům milé. Nemilým důsle- kem tohoto stavu by bylo i to, že i sou- těže dálkového řízení modelů letadel a lodí, řízené současným stylem a použí- vající současnou techniku by ztratily charakter nedělní soutěže. Při velkém počtu účastníků by bylo třeba vzít si na jejich absolvování dovolenou. Prozatím se to u nás řeší tak, že létá-li jeden sou- těžící, druzí se opalují. Všechny tyto ne- příjemnosti by se zmenšily na přijatelnou míru použitím soupravy, která má na přijímací straně superhet. Bylo by třeba, aby orgány, do jejichž pravomoci tato problematika patří, rozdělily po- užívané kmitočtové pásmo na jednotlivé spojovací kanály (jako je tomu již v mnoha zemích). Pak se nebudou při dobré konstrukci soupravy účastníci pracující na jednotlivých spojovacích ka- nálech vzájemně rušit. Zatím však u nás pásmo na jednotlivé spojovací kanály rozděleno není – i tak však bude vyba- vení souprav superhetem podstatným pokrokem (omezí se na přijatelnou míru vliv cizího rušení).

Přijímač RC-P1; 27,12 MHz

Údaje přijímače

Kmitočet: 27,12 MHz.

Hmota: 70 g.

Rozměry: 70 × 48 × 19 mm.

Anténa: asi 1 m.

*Citlivost: 1,5 μ V pro výstupní napětí
300 mV/1 k Ω .*

Šířka pásma mezifrekvenčního zesilovače:
9 kHz pro pokles 6 dB,
7 kHz pro pokles 3 dB.

Mezifrekvenční kmitočet: 460 kHz.

Kmitočet oscilátoru: 27,58 MHz.

*Stabilita oscilátoru: $5 \cdot 10^{-5}$ v rozmezí
pracovních teplot.*

Napájecí napětí: 6 V (max. 7,5 V).

Spotřeba: 13 mA.

*Rozmezí pracovních teplot: -10°C až
 $+55^{\circ}\text{C}$.*

Osazení přijímače: T_1 až T_5 – OC170,
 T_5 a T_6 – OC71,
 D_1 – GA203,
 ZD – 1NZ70 (KZ721).

Popis přijímače

Přijímač je standardní superheterodyn s jedním směšováním. V zapojení se používají výhradně germaniové vf i nf tranzistory běžně dostupné na našem trhu. Přijímač je konstruován pro použití v pásmu 27 MHz. Je určen především pro ty amatéry, kteří nemají možnost získat u nás dosud drahé křemíkové tranzistory. I když se v zapojení používají germaniové tranzistory, jsou parametry přijímače v určených pracovních teplotách vyhovující. Přijímač je konstruován technikou plošných spojů. Krystal v oscilátoru je vyměnitelný, takže máme možnost rychlého přechodu na jiný kanál. Jako držák krystalu se používá pětikolíková objímka tranzistoru (např. pro OC170). Krystal je v subminiaturním držáku HC-25/U (výrobek n. p. Tesla). Cívky pro vf obvody předzesilovače, oscilátoru a směšovače jsou navinuty na válcových kostříčkách.

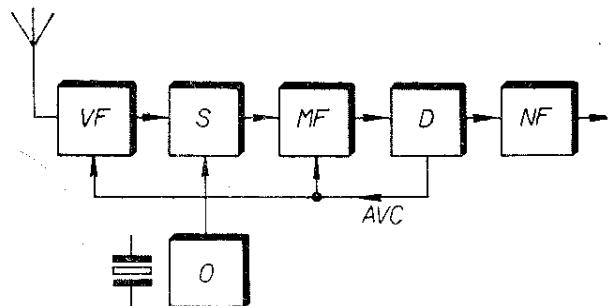
V mezifrekvenčním zesilovači jsou mf transformátory z přijímače IRIS (1 ks – 21 Kčs). Tyto mf transformátory mají velmi malé rozměry ($8 \times 8 \times 12$ mm) a jsou dostupné např. v prodejně Radioamatér Praha 1, Žitná 7, kde byly zakoupeny též všechny ostatní součástky, použité při stavbě přijímače.

Popis funkce

Přijímač má šest základních funkčních celků (obr. 17):

VF – vysokofrekvenční předzesilovač,
S – směšovač,
O – krystalový oscilátor,
MF – mezifrekvenční zesilovač (dvoustupňový),
D – detektor + obvody AVC a
NF – nízkofrekvenční zesilovač.

Na vstupu přijímače je jednoduchý laděný obvod (L_1), naladěný na přijímaný kmitočet. Tranzistor T_1 (OC170) pracuje jako vf předzesilovač v zapojení se společným emitorem. Jeho zesílení je řízeno napětím AVC. V kolektoru T_1 je



Obr. 17. Blokové schéma superheterodynu

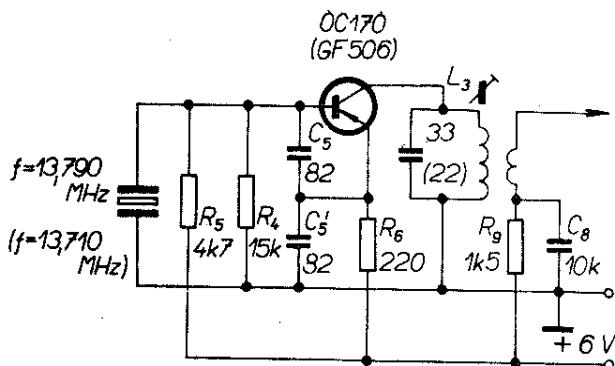
laděný obvod (L_2), indukčně vázaný se směšovačem (T_2 , OC170). Používá se multiplikativní směšování. Signál pracovního kmitočtu je přiveden na bázi a signál oscilátoru na emitor T_2 . V kolektorovém obvodu T_2 je zapojen mezifrekvenční transformátor, naladěný na mezifrekvenční kmitočet 460 kHz. Zesílení směšovacího stupně je asi 18 dB.

Mezifrekvenční zesilovač je dvoustupňový (T_4 , T_5). Aby nebylo nutné stupně mf zesilovače neutralizovat, jsou osazeny vf tranzistory OC170. Zesílení prvního mf zesilovače je řízeno napětím AVC. Celkové zesílení mf zesilovače je asi 52 dB.

V detektoru se používá germaniová dioda GA203. Aby se přijímač mohl používat v pulsním systému ovládání, je v obvodu detektoru zvolena velmi malá časová konstanta členu RC .

Oscilátor přijímače (T_3) je řízen krystalem. Oscilátor je zapojen tak, že krystal pracuje se sériovou rezonancí. Jeho stabilita je dostatečná pro rozmezí pracovních teplot. Při použití krystalu, jehož pracovní kmitočet není v pásmu 27 MHz, tzn. u něhož se využívají harmonických složek jeho pracovního kmitočtu, by bylo nutné jeho zapojení změnit. K získání výstupního napětí s velkým obsahem harmonických kmitočtů je výhodné zapojení oscilátoru podle Clappa a jeho mírné přebuzení. Oscilačním obvodem se vybere žádaný harmonický kmitočet v pásmu 27 MHz (obr. 18).

Nízkofrekvenční signál se zesiluje v nf zesilovači s tranzistorem OC71 (T_6), pracujícím v zapojení se společným emitorem. Zesílený nf signál se přivádí kapacitní vazbou na emitorový sledovač (T_7). Zařazením emitorového sledovače se zamezilo



Obr. 18. Clappův oscilátor pro 27,580 MHz (41,130 MHz)

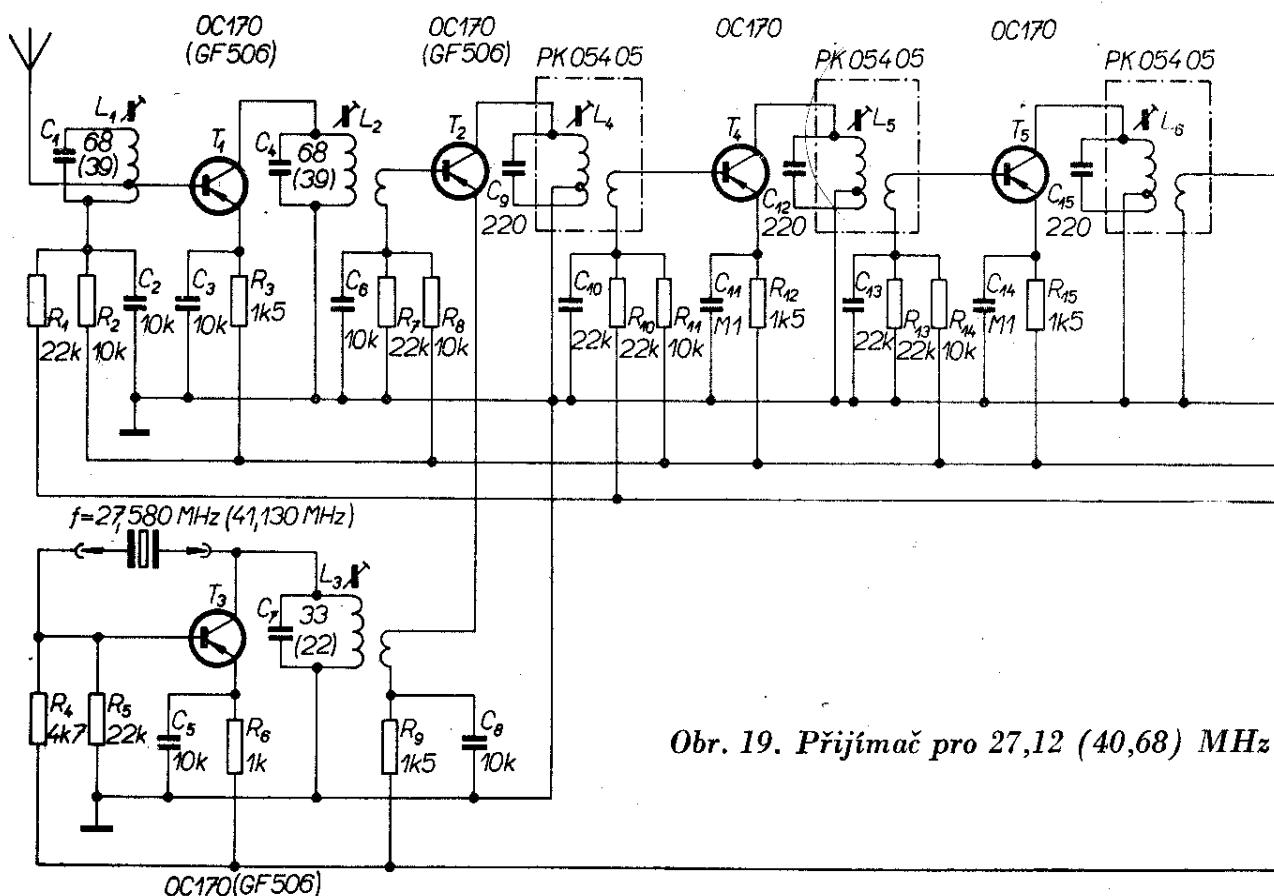
vlivu zátěže na nf zesilovač a současně se odebírá nf signál z výstupu s malou impedancí. Chceme-li získat nf signál s větší amplitudou, je možné zapojit tento stupeň jako zesilovač (obr. 19a). Konstrukce destičky s plošnými spoji tuto možnost dovoluje (obr. 20a).

K omezení kolísání napájecího napětí (při spínání velké zátěže) je napájecí napětí stabilizováno Zenerovou diodou 1NZ70 (KZ721). K zamezení vzniku zpětné vazby přes zdroj (při značně vy-

bitých bateriích) je napájecí napětí blokováno kondenzátorem C_{23} , 50 μ F. Stabilizace napájecího napětí pro přijímač Zenerovou diodou není příliš nutná při použití systému dálkového ovládání, u něhož jsou jednotlivé kanály řízeny kmitočtem modulačního signálu. Při konstrukci desky s plošnými spoji se však výhledově počítalo s možností použití stabilizace napájecího napětí. V systému, kde je použit časový multiplex, je stabilizace napájecího napětí nutná.

Mechanické provedení přijímače

Při stavbě přijímače se bral zřetel na možnost víceúčelového použití – přijímač lze použít pro dvou až osmikanálový přenos. Základní varianta umožňuje použít dvě dvojice ovládacích prvků (čtyři kanály). Při postupné stavbě je možné zapojit pouze dva povely a na plošném spoji ponechat ostatní díly volné. K doplnění základní varianty je možné připojit ještě jednu destičku osazenou opět dvěma dvojicemi ovládacích povelů. Základní vari-



Obr. 19. Přijímač pro 27,12 (40,68) MHz

anta tedy sestává ze dvou destiček s plošnými spoji – jedna destička je vlastní přijímač a druhá jsou obvody pro výběr ovládacích povelů. Obě destičky je možné spojit rozpěrkami a umístit do jednoho pouzdra (nebo může mít každá destička samostatné pouzdro). Rozměry byly voleny s ohledem na snadnou montáž v trupu modelu letadla nebo lodi. Použitá destička s plošnými spoji má tloušťku 1,2 mm, takže odolá i značnému mechanickému namáhání. Tloušťka cuprexitové destičky by se zdála na první pohled snad až příliš velká, ze zkušenosti je však známo, že dynamická síla při nárazu (havárie modelu letadla) je značná. Bude-li destička s plošnými spoji méně pevná, dojde k její destrukci a tím ke zničení celého přijímače. Ještě jeden důvod mluví pro volbu tohoto materiálu: některé součástky připevněné na destičce mají dosti velkou hmotu (relé) a při nárazu může dojít k prohnutí destičky a tím k přetržení plošného spoje. Toto přetržení často není pouhým okem vůbec viditelné – závada se však projevuje zcela náhodným vysa-

zováním přijímače. Oprava závady není náročná (stačí poškozené místo spojit drátem), hledání vláskové trhliny trvá však někdy i hodiny. Obě destičky (popř. i třetí) jsou spojeny šňůrou, spletenou z tenkých kablíků. Konektory lze zhotovit dvojím způsobem. Do pouzdra přijímače zlepíme objímku od miniaturní elektronky. Protějšek vyrobíme tak, že na kolíky zastrčené do děr (s roztečí kolíků miniaturní elektronky) vyvrtaných do dna formy připojíme propojovací kabel. Zapojené kolíky zalijeme ve formě dentakrylem nebo Epoxy 1200. Takto vyrobený konektor slouží zcela spolehlivě. Druhý způsob je pro ty náročnější – konektor je sice několikrát menší, zhotovení je však pracnější. Do pouzdra přijímače se zlepí lepidlem Epoxy 1200 objímka pro tranzistor (OC170). Jako protějšek (zástrčku) použijeme pro „poslední službu“ zničený tranzistor OC170. Válcové pouzdro tranzistoru odřízneme lupenkovou pilkou ve vzdálenosti asi 1 až 2 mm od patky tranzistoru. Odstraníme zbytky systému tranzistoru a na vývody v průchodce připojíme propojovací kabel. Dno odříznutého válcového pouzdra provrtáme vrtákem, provlékneme kabel a obě části tranzistoru spojíme pájením. Mezerami mezi vodiči propojovacího kablíku nalijeme do pouzdra lepidlo Epoxy 1200 – zhotovili jsme úhledný a malý konektor.

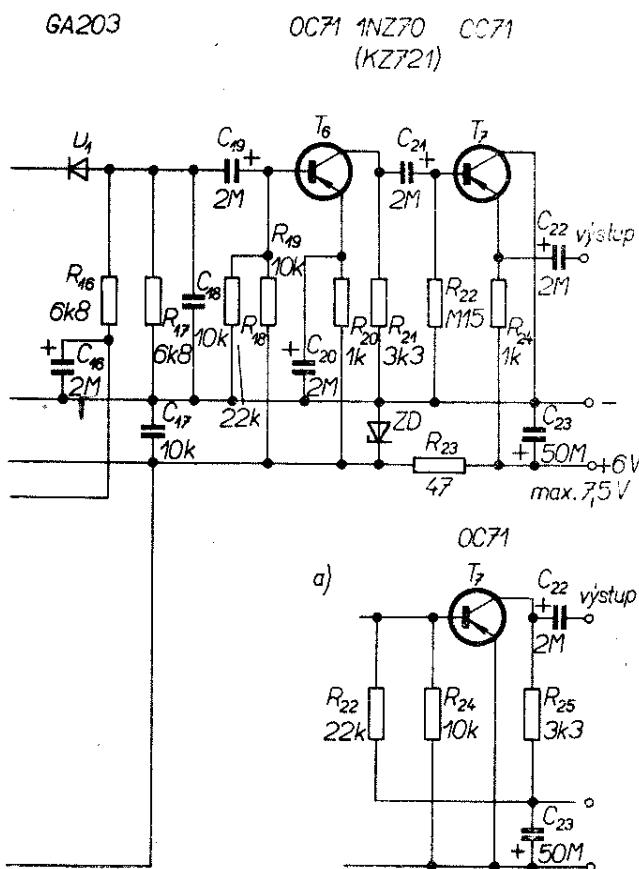
V pouzdu přijímače je jednak díra opatřená pryzovou průchodkou (pro anténu přijímače) a jednak další tři díry pro dolaďování mf obvodů a oscilátoru. Díry pro dolaďování jsou nutné pouze v tom případě, vyrobíme-li pouzdro pro přijímač z vodivého materiálu.

Za předpokladu, že se rozhodnete předělat destičku s plošnými spoji doporučujeme:

1. Kryty mf obvodů je třeba zemnit, protože se může objevit nestabilita vlivem velkého zesílení mezifrekvenčních zesilovačů.

2. Nezapojujte celý přijímač najednou. Postupujte po částech, počínaje nf stupněm, neboť jinak se obtížně hledají případné závady. Zapojte a zkoušejte přijímač podle popisu nastavení.

3. Po navinutí vf cívek kontrolujte jejich indukčnosti. Po zapojení vf cívek



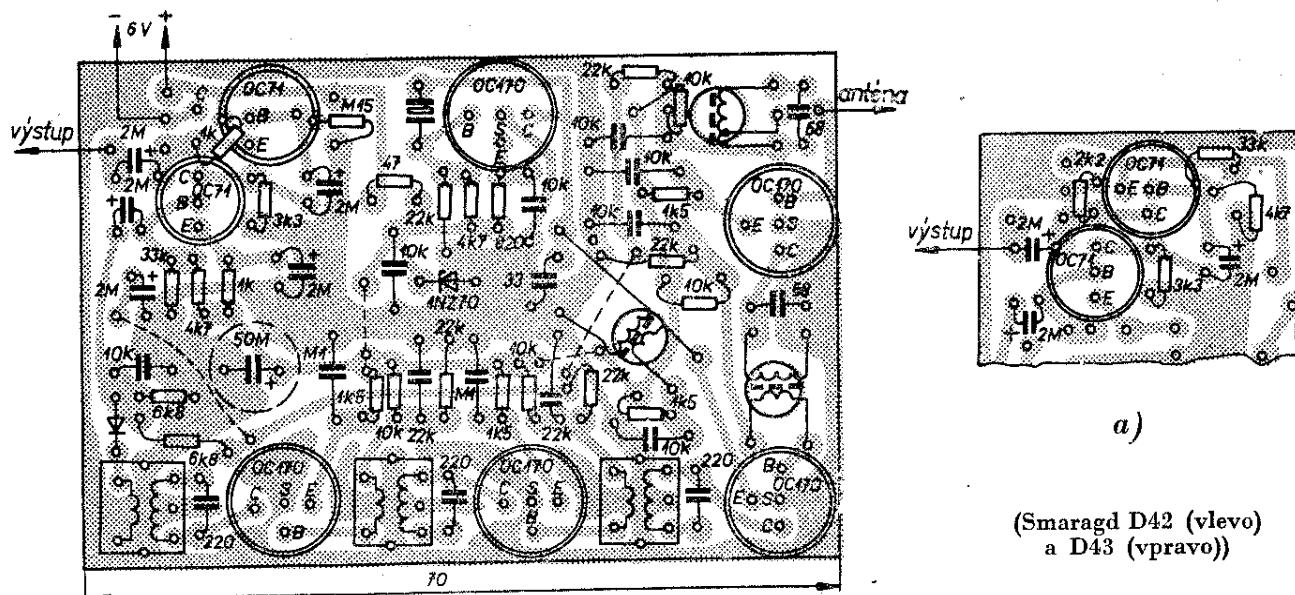
na destičku kontrolujte rezonanční kmitočet obvodů (např. sacím měřičem).

Uvádění do chodu

Na základní desku s plošnými spoji (obr. 20) zapojíme oba stupně nf zesilovače. K uvedení do chodu budeme potřebovat nf generátor a Avomet II. Na výstup přijímače připojíme sluchátka. K napájení použijeme jakýkoli zdroj o napětí 6 V. Do série zapojíme Avomet II jako miliampérmetr. Na bázi T_6 (OC71) přivedeme přes oddělovací kondenzátor 10 μ F signál 1 000 Hz/10 mV. Zesílený signál musí být zřetelně slyšet ve sluchátkách. Není-li slyšet, překontrolujeme odběr proudu tranzistorů T_6 a T_7 (asi 4 mA). Je-li nf zesilovač v pořádku, můžeme zapojit jeden stupeň mezifrekvenčního zesilovače a detektor. Kontrolujeme kolektrový proud tranzistoru T_5 (asi 4,6 mA); není-li proud správný, kontrolujeme stejnosměrná napětí na elektrodách tranzistoru.

Mezifrekvenční zesilovač sladujeme takto: přes kondenzátor asi 10 000 pF přivedeme modulovaný signál o kmitočtu 460 kHz na bázi tranzistoru T_5 a doladíme mezifrekvenční obvod L_6 na maximum. Vstupní signál 5 mV stačí pro dobrou slyšitelnost na výstupu přijímače. Stejně postupujeme po zapojení dalšího mezifrekvenčního stupně.

Po doladění mezifrekvenčního obvodu L_5 na maximum postačí pro stejný výkon na výstupu přijímače vstupní signál asi $10 \mu\text{V}$. Po sladění tohoto stupně zapojíme směsovač. Odpor a kondenzátor v emitoru zapojíme přes vazební vinutí cívky L_3 . Nejprve zkонтrolujeme proud tranzistorů (asi $5,8 \text{ mA}$) a popř. i stejnosměrná napětí na elektrodách tranzistoru T_2 (OC170). Je-li v pořádku, přivedeme modulovaný signál z generátoru o kmitočtu 460 kHz na bázi tranzistoru přes kondenzátor asi $10\,000 \text{ pF}$ a doladíme L_4 na maximální nf napětí. Vstupní signál na bázi by měl být asi $3 \mu\text{V}$. Souhlasí-li uvedené údaje se skutečností, kontrolujeme šířku pásma mf zesilovače. Není-li po ruce nf nebo vf voltmetr, postupujeme při kontrole tak, že rozlaďujeme vf generátor o $\pm 4 \text{ kHz}$ a ve sluchátkách nesmíme sluchem poznat zmenšení hlasitosti modulovaného signálu. Dále zapojíme oscilátor a ověříme jeho činnost. Kontrolujeme odběr proudu celého přijímače, který se zvětší při zapojení oscilátoru asi na $7,2 \text{ mA}$. Obvod L_3 je předladěn na kmitočet kolem $27,5 \text{ MHz}$. Na emitor směsovače připojíme vf voltmetr a kontrolujeme napětí signálu oscilátoru. (Napětí oscilátoru musí být minimálně 80 mV). Ve většině případů však není vf voltmetr k dispozici. Při doladování můžeme však postupovat i tak, že na bázi směsovače připojíme vf generátor přes kondenzátor $6\,800 \text{ pF}$. Úroveň vý-



Obr. 20. Rozmístění součástek a plošné spoje superhetu pro $f = 27,120 \text{ MHz}$ ($40,68 \text{ MHz}$)

stupního signálu z generátoru nastavíme asi na $10 \mu\text{V}$ a generátor přeladujeme v pásmu 27 MHz, až zaslechneme modulovaný signál v sluchátkách. Potom dolaďme obvod L_3 na maximální nízkofrekvenční napětí.

Máme-li jistotu, že obvody oscilátoru rezonují na správném kmitočtu, zjistíme citlivost přijímače, měla by být asi $7 \mu\text{V}$. Nakonec zapojíme vf zesilovač. Zkontrolujeme odběr celého přijímače (zvětší se asi na 8 mA). Na vstup přijímače připojíme vf generátor a na kmitočtu 27,12 MHz dolaďme obvody L_1 a L_2 na maximální hlasitost ve sluchátkách. S tranzistorem OC170 je citlivost přijímače s vf zesilovačem $1,5 \mu\text{V}$ pro nf signál na výstupu 300 mV. Po zapojení Zenerovy diody se zvětší spotřeba proudu asi na 13 mA.

Ke kontrole činnosti jednotlivých stupňů přijímače poslouží tabulka napětí na elektrodách tranzistorů.

Seznam součástek

Tranzistory

T_1 až T_5 OC170 (5x)
 T_6 a T_7 OC71 (2x)

Diody

D_1 GA203
 ZD 1NZ70 (KZ721)

Napětí na tranzistorech přijímače a proud ze zdroje

Tranzistory	U_E [V]	U_B [V]	U_C [V]	I [mA] celk.
T_7 (OC71)	7,5	7,3	3,6	3
T_6 (OC71)	6,6	6,5	1,4	4
T_5 (OC170)	5,1	5	0	4,6
T_4 (OC170)	5,1	4,9	0	5,1
T_3 (OC170)	5,1	4,9	0	5,8
T_2 (OC170)	4,3	4,1	0	7,2
T_1 (OC170)	5,2	4,9	0	8

Odpory

$R_1, R_5, R_7, R_{10}, R_{13}, R_{18}$ 22 k Ω
 $R_2, R_8, R_{11}, R_{14}, R_{19}$ 10 k Ω
 R_3, R_9, R_{12}, R_{15} 1,5 k Ω
 R_4 4,7 k Ω
 R_6, R_{20} 1 k Ω
 R_{16}, R_{17} 6,8 k Ω
 R_{21} 3,3 k Ω
 R_{22} 0,15 M Ω (22 k Ω)

Data cívek přijímače

Označení	Počet závitů	Vazba	Způsob vinutí	Indukčnost [μH]	Drát CuL \varnothing [mm]	Poznámka
L_1	7 z, odb. na 1. z	—	válcově	min. 0,3 max. 0,6		dolaďovací jádro WA43658
L_2	7 z	indukční, 1 z těsně na L_2	těsně	min. 0,3 max. 0,65	0,5	vinuto na kostříčku 2PA26071
L_3	12 z	indukční, 1 z těsně na L_3		min. 0,45 max. 0,9		
L_4		PK05404		min. 400		Transformátory vyrábí Tesla, jsou použity v přijímači Iris
L_5				max. 700		
L_6		PK05405				

R_{23} 47 Ω
 R_{24} 1 k Ω (10 k Ω)
 R_{25} — (3,3 k Ω)
 Odporu jsou miniaturní, typ TR112a.

Kondenzátory

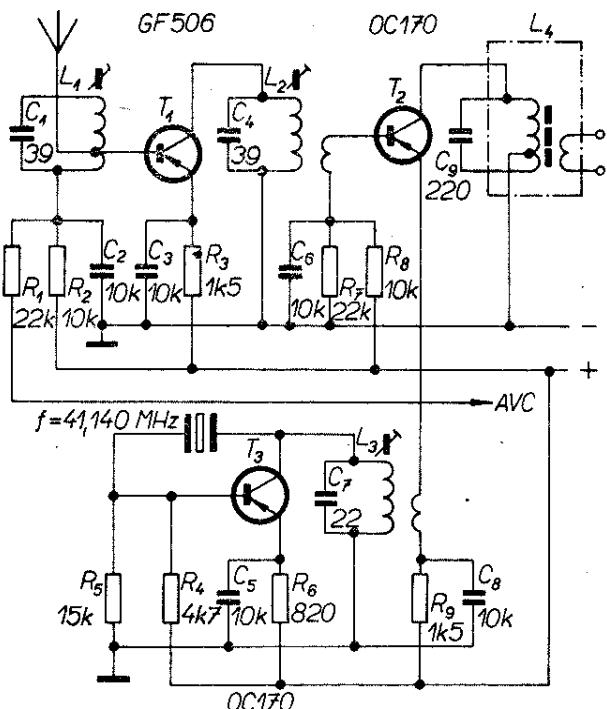
C_1, C_4 TC281 (SK79001), 68 pF
 $C_2, C_3, C_5, C_6, C_8, C_{17}, C_{18}$ TK751, 10 nF
 C_7 TC281 (SK79000), 33 pF
 C_9, C_{12}, C_{15} TC281 (SK790002), 220 pF
 C_{10}, C_{13} TK751, 22 nF
 C_{11}, C_{14} TK751, 0,1 μ F
 $C_{16}, C_{19}, C_{20}, C_{21}$ TC942, 2 μ F
 C_{22} TC943, 2 μ F
 C_{23} TC941, 50 μ F

Další součástky

krystal 27,58 MHz, 1 ks
 objímky (pro tranzistory OC170), 2 ks
 mezifrekvenční transformátor Iris, PK05104, 2 ks
 mezifrekvenční transformátor Iris, PK05105 (detection), 1 ks
 kostříčky pro vf cívky, 2PA26071, 3 ks
 dolaďovací jádra WA43658, 3 ks

Superhet pro pásmo 40,68 MHz (RC-P2)

Pro ty zájemce, kteří chtějí pracovat se soupravou dálkového ovládání v druhém kmitočtovém pásmu (40,68 MHz), předkládáme upravený přijímač z obr. 19. Upravený přijímač (obr. 21) je konstruován opět technikou plošných spojů a má



Obr. 21. Přijímač pro $f = 40,68$ MHz s germaniovými tranzistory

stejné rozměry a rozložení součástek jako přijímač pro pásmo 27,12 MHz. Zapojení obou přijímačů se liší pouze hodnotami některých součástek. funkčně je stejně. Návrh úpravy předpokládá, že na místě tranzistoru T_1 se použije typ GF506; toto řešení jsme volili z finančních důvodů. Lepších výsledků by se dosáhlo, byly-li by T_1 , T_2 i T_3 tranzistory GF506; avšak i s jedním tranzistorem GF506 (T_1) jsou výsledky uspokojivé.

Údaje přijímače 40,68 MHz

Kmitočet: 40,68 MHz.

Hmota: 70 g.

Rozměry: 70 \times 47 \times 19 mm.

Anténa: asi 1 m.

Citlivost: 1,5 μ V pro výstupní napětí 300 mV/1 k Ω .

Šířka pásma mezifrekvenčního

zesilovače: 9 kHz pro pokles 6 dB,
7 kHz pro pokles 3 dB.

Mezifrekvenční kmitočet: 460 kHz.

Kmitočet oscilátoru: 41,140 MHz.

Stabilita oscilátoru: $5 \cdot 10^{-5}$ v rozmezí pracovních teplot.

Napájecí napětí: 6 V (max. 7,5 V).

Spotřeba: 8 mA, popř. 13 mA (se Zenerovou diodou).

Pracovní teplota: -10 až $+55$ °C.

Tranzistory: T_1 GF506,

T_2, T_3 OC170 výběr,

T_4, T_5 OC170,

T_6, T_7 OC71.

Diody: D_1 GA203,
 $ZD 1NZ70$ (KZ721).

Cívky rezonančních obvodů L_1 i L_2 jsou předladěny pro pásmo 40,68 MHz. Přijímač uvádíme do chodu stejným způsobem jako přijímač pro pásmo 27,12 MHz.

Změna kapacity kondenzátorů

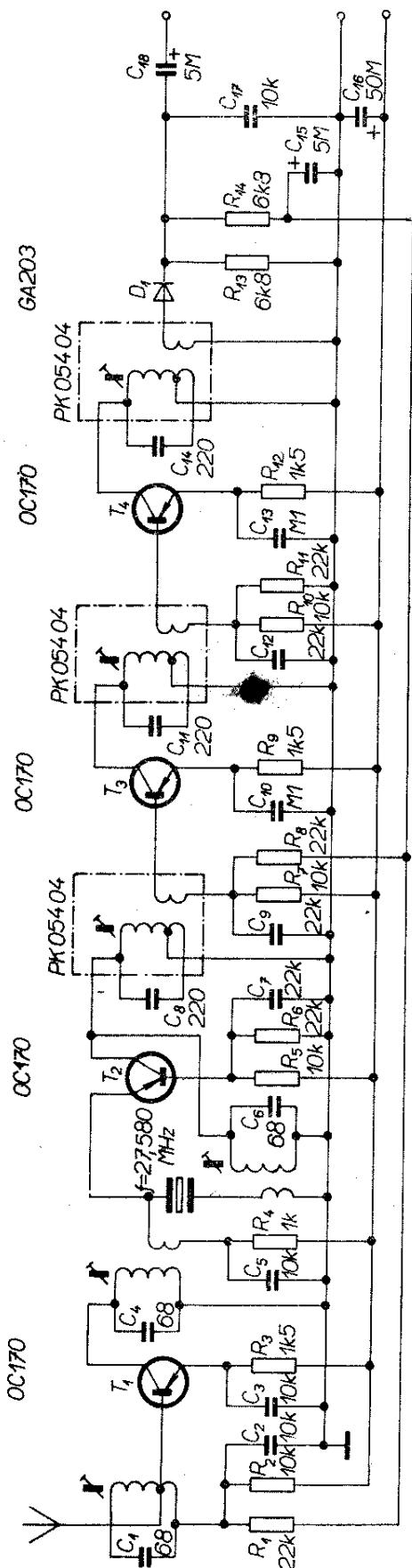
C_1, C_4 TC281 (SK79001), 39 pF
 C_7 TC381 (SK79001), 22 pF

Další součástky

krystal 41,14 MHz, 1 ks
 válcové kostříčky 2PA26071, 3 ks
 v ferritové jádro M4 \times 0,5 \times 12, 3 ks

Data cívek jsou stejná jako u přijímače 27,12 MHz. Pouze cívky L_1 , L_2 a L_3 jsou laděny ferritovými jádry.

Superhet pro pásmo 27 MHz



Obr. 22. Superheterodyn pro pásmo 27 MHz s kmitajícím směšovačem

Pro ty amatéry, kteří se neradi otrocky řídí návody, ale rádi do své práce přidávají něco svého, předkládáme návrh přijímače s kmitajícím směšovačem (obr. 22). Tento přijímač byl rovněž ověřen a pracuje spolehlivě. Jeho nastavení (především směšovače) je ovšem náročnější. Dosažené výsledky jsou srovnatelné s výsledky přijímače s odděleným oscilátorem. Nejlepším řešením pro tento druh přijímače je použít krystal, přímo broušený na požadovaný kmitočet (27,58 MHz). Potom lze laděný obvod oscilátoru vypustit a nahradit jej pouze vf tlumivkou. Tato tlumivka má mít s parazitními kapacitami nevýraznou (plochou) rezonanci na kmitočtu krystalu.

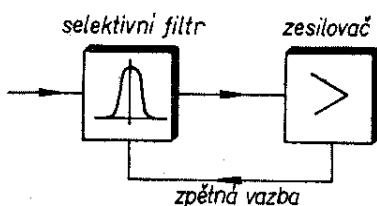
Konstrukce vf a mf zesilovačů je stejná jako u předchozích typů přijímačů.

Obvody pro třídění (selekci) povělů

Tyto obvody slouží k oddělení jednotlivých povelových signálů (informací) v dekódovací části přijímače. Pro jednoduchý systém dálkového ovládání (tj. pro použití k rozlišení jednotlivých povelů různého kmitočtu modulačního signálu) se používají v dekodéru většinou selektivní zesilovače.

Selektivní zesilovač má dvě části (obr. 23). První část je pasivní (nezesiluje), obvykle se konstruuje jako člen LC , někdy i RC (jednoduchý nebo dvojitý článek T).

Druhá část je aktivní – je to tranzistorový zesilovač. Způsob zapojení i volba typu aktivní části selektivního zesilovače je různá podle požadavků kladených na tento zesilovač. Ke zlepšení činnosti



Obr. 23. Blokové schéma selektivního zesilovače

selektivního zesilovače je zavedena z druhé části do první kladná zpětná vazba, která způsobuje skokový charakter změny výstupního napětí (slouží k vyhodnocení skokem).

Pasivní část

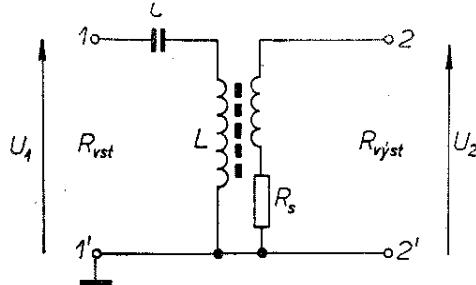
Používá-li se jako pasivní část článek LC , realizuje se většinou jako jednoduchý paralelní nebo sériový laděný obvod. Při použití laděných obvodů musíme zvážit důvody konstrukční, funkční i hospodářské. Konstrukční důvody jsou omezující z hlediska váhy a prostoru. Co do funkce lze nedostatky jednoduchého laděného obvodu (větší šířka pásma, malá strmost boků propustné křivky) částečně kompenzovat vhodnou volbou zapojení (zapojení s kladnou zpětnou vazbou, velmi volnou vazbou se zesilovačem, s velkým zesílením zesilovače atp.). Ani finanční stránka není zanedbatelná, cena za návratní cívky i cena vlastního polotovaru (feritové hrnčíky) je značná a soupravy s velkým počtem indukčností jsou tedy výrobňe drahé.

Rozhodneme-li se však, že použijeme v selektivním filtru článek LC , je možná ještě volba druhu a zapojení rezonančního obvodu. Paralelní a sériový laděný obvod mají své výhody i nevýhody – ty je nutno zvážit před rozhodnutím, jaké zapojení zvolíme. Bylo by sice možné analyzovat podrobně oba druhy obvodů a na základě matematických výsledků stanovit vhodnost použití. Domníváme se však, že by to přesahovalo rámec této publikace a omezíme se proto na popis vlastností obou druhů obvodů.

Sériový rezonanční obvod

Sériový rezonanční obvod (obr. 24) je teoreticky zkratem pro signál rezonančního kmitočtu. Při napájení z napěťového zdroje signálu ($R_i \rightarrow 0$) protéká jím při rezonančním kmitočtu zkratový proud, omezený pouze činným odporem cívky a přepočítaným odporem zátěže. Při tomto kmitočtu se indukuje do vazebního vinutí maximální napětí.

Z tohoto zjednodušeného výčtu vlastností vyplývají podmínky použití sériového rezonančního obvodu:



Obr. 24. Sériový rezonanční obvod

1. Pro jeho napájení použít zdroj s velmi malým vnitřním odporem (R_i blízký 0).

2. Volit vhodný poměr L/C .

3. Indukčnost realizovat s pokud možno nejmenším činným odporem.

4. Volit velmi volnou vazbu se zátěží. Toto jsou nejzákladnější požadavky pro použití sériového rezonančního obvodu. Myslíme že neuškodí, osvětlíme-li si je poněkud blíže.

Použití zdroje signálu s malým vnitřním odporem pro napájení sériového rezonančního obvodu vede jednoznačně k použití emitorového sledovače. Ovšem konstrukce emitorového sledovače s velmi malým vnitřním odporem ($R_i \rightarrow 0$) je i při použití tranzistorů dosti nesnadná. Nutné musíme přistoupit na kompromis – jednak vzhledem ke složitosti konstrukce a jednak vzhledem ke spotřebě proudu (emitorové sledovače pracují s většími proudy). Kompromisním řešením je tedy jednostupňový emitorový sledovač; pak je vnitřní odpor rádu stovek ohmů. Z původního požadavku ($R_i \rightarrow 0$) jsme značně slevili. Získat vhodný poměr L/C není též jednoduché. Spojením druhého a třetího požadavku se opět dostáváme do kritické situace. Potřebovali bychom cívku s velkou indukčností a s minimálním činným odporem – požadavku by vyhověla cívka s malým počtem závitů tlustého drátu. Z toho vyplývá nutnost používat pro magnetický obvod feritový materiál s velmi velkou μ_p (počáteční permeabilitou) – a opět budeme nuti volit kompromis. Feritový materiál s velmi velkou μ_p je teplotně velmi nestabilní (μ_p se velmi mění se změnou teploty) a je velmi náchylný k přesycení (přesycením se zmenšuje indukčnost). Protože zařízení

bude pracovat ve stanoveném rozsahu teplot a není možné používat stabilizátor budicího nf napětí a protože (v neposlední řadě) nemáme kvalitnější feritový materiál, musíme opět z každého požadavku slevit. Volíme proto indukčnost cívky tak velkou, aby cívka měla ještě únosný činný odpor a aby se zhoršení parametrů feritového materiálu příliš neprojevovalo (střední velikost $\mu_p +$ vzduchová mezera).

Čtvrtý požadavek lze v rozumné míře splnit. Vyžaduje to čas – musíme nastavit každý filtr individuálně. Při splnění přesně stanovených požadavků by měl selektivní filtr extrémně úzké pásmo. Volíme-li šířku propustného pásmá filtru asi 650 až 800 Hz, je možné splnit požadavky na realizaci sériového rezonančního obvodu celkem s úspěchem.

Ještě je nutné poukázat na jednu závadu v používaných zapojeních selektivního zesilovače se sériovým rezonančním obvodem. Tato závada zhoršuje vlastnosti sériového obvodu dosažené s velkým úsilím; ovšem na druhé straně velmi jednoduše umožňuje srovnání citlivosti jednotlivých selektivních zesilovačů (při vícekanálovém přenosu). Obvyklé zapojení selektivního zesilovače se sériovým rezonančním obvodem je na obr. 25.

Závada v zapojení selektivního zesilovače se sériovým rezonančním obvodem spočívá v používání odporu R_s . Odpor R_s se připočítává k odporu zátěže. Jeho zařazením se zvětšuje přepočítaný odpor zátěže a tím se zmenšuje velikost střídavého proudu, tekoucího obvodem při rezonanci. Důsledkem je i menší indukované napětí

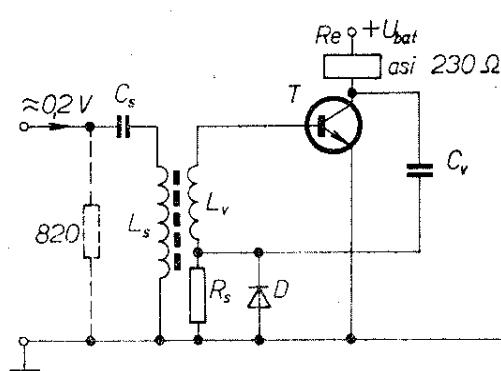
do zátěže (do báze tranzistoru) a tím zmenšení citlivosti selektivního zesilovače. Důsledkem je i zhoršení vlastností sériového rezonančního obvodu, zvětšení šířky pásma i zmenšení strmosti boků rezonanční křivky.

Odpor R_s používají výrobci souprav dálkového ovládání zřejmě z ekonomických důvodů. Stejného výsledku (vyrovnaní citlivosti) lze dosáhnout i jinými způsoby. Tyto způsoby jsou ovšem vzhledem k ceně odporu značně náročnější jak finančně tak i časově (zdlouhavé nastavování obvodu). Při amatérské výrobě vícekanálové soupravy dálkového ovládání se však vyplatí jiné způsoby vyrovnání citlivosti. Nejen že nezhoršují vlastnosti použitého sériového rezonančního obvodu, ale současně umožní optimální splnění čtvrtého požadavku. Stejnou základní citlivost jednotlivých selektivních zesilovačů lze nastavít:

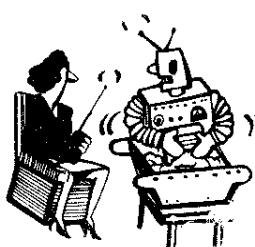
1. Volbou jakosti diody. Výběrem diody s velmi malým odporem v propustném směru (např. OA5). Dosažený výsledek není však příliš uspokojivý.
2. Volbou velikosti proudového zesilovacího činitele h_{21E} použitého tranzistoru. Dosažený výsledek je dost výrazný.
3. Vhodnou volbou převodu vazebního vinutí. Doporučuje se vazbu pouze zmenšovat. Dosažený výsledek je výrazný. I když je tento úkon nejpracnější, je nejvhodnější.
4. Kombinací druhého a třetího způsobu.

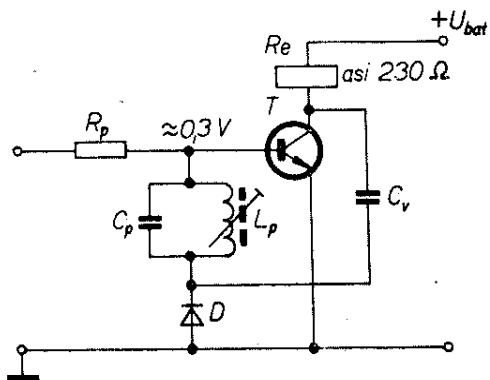
Paralelní rezonanční obvod

Obvyklé zapojení selektivního zesilovače s paralelním rezonančním obvodem je na obr. 26. Na obr. 27 je paralelní rezonanční obvod, jímž přenášíme elektrickou energii ze zdroje proudu s vnitřní vodivostí G_1 do zatěžovací vodivosti G_2 . Přitom se část energie spotřebuje ve vodivosti G_0 , která představuje ztráty v laděném obvodě. Předpokládáme čini-



Obr. 25. Selektivní zesilovač se sériovým rezonančním obvodem





Obr. 26. Schéma selektivního zesilovače s paralelním rezonančním obvodem

tele vazby $K = 1$ (nepřesnost nezkreslí podstatně naše úvahy). Po přepočítání je laděný obvod zatlumen celkovou vodivostí G (obr. 27b):

$$G = p_1^2 G_1 + G_0 + p_2^2 G_2,$$

kde p_1 je činitel transformace ze strany generátoru a
 p_2 činitel transformace ze strany zátěže.

Vlastnosti vazebního obvodu se dají zjistit ze dvou odlišných hledisek. Při prvním hledisku se zjišťuje velikost činitelů transformace pro maximální účinnost přenosu. V našem případě nás tato otázka nezajímá. V druhém případě se zjišťuje velikost činitelů transformace podle požadavku na přenášenou šířku pásma. Pro šířku pásma B obvodu zatíženého celkovou vodivostí G platí

$$B = \frac{f_0}{Q} = \frac{G_1}{2\pi C},$$

kde B je šířka pásma a
 Q provozní činitel jakosti.
 Šířka pásma B_0 nezatíženého obvodu ($G_1 = 0; G_2 = 0$).

$$B_0 = \frac{f_0}{Q_0} = \frac{G_0}{2\pi C}$$

kde Q_0 je činitel jakosti naprázdno.

Pro teoretickou úvahu lze tedy konstatovat, že minimální šířka pásma bude při vodivosti G_0 (G_1) blízké nule; tzn., bude-li paralelní rezonanční obvod napá-

jen z proudového zdroje, bude-li mít extrémně velkou jakost Q_1 a nebude-li zatížen.

Na základě těchto úvah můžeme stanovit podmínky použití paralelního rezonančního obvodu:

1. Pro jeho napájení musíme používat zdroj proudu s velmi velkým vnitřním odporem ($R_i \rightarrow \infty$).

2. Volíme vhodný poměr L/C .

3. Indukčnost článku LC musí mít co nejmenší ztrátovou vodivost (velký činitel jakosti naprázdno).

Tyto základní požadavky si opět blíže osvětlíme. Zdroj signálu pro paralelní rezonanční obvod by měl mít velmi velký vnitřní odpor. Tento požadavek je opět realizovatelný jen s kompromisem. Spokojíme-li se s tím, že zdroj signálu bude mít výstupní impedanci rádu kilohmů, potom je úloha značně jednodušší než v případě konstrukce zdroje napětí (emitorový sledovač). Běžný tranzistorový napěťový zesilovací stupeň má požadovanou výstupní impedanci. Do série se zdrojem nf kmitočtu (kolektor tranzistoru posledního zesilovacího stupně) se dává odpor, který slouží nejen k nastavení optimální velikosti přiváděného nf napětí, ale i „zvětšuje“ výstupní impedanci zdroje. Tímto odporem se nastavuje nejen citlivost jednotlivých selektivních zesilovačů, ale (do jisté míry) zlepšují se i vlastnosti paralelního rezonančního obvodu. Poměr L/C je v případě paralelního rezonančního obvodu mnohem příznivější pro konstrukci než u obvodu sériového. Zvětšující se obvodovou kapacitou se přenášená šířka pásma zmenšuje až do určité míry (viz předchozí vzorce). To nám umožňuje volit menší indukčnosti. Je tedy možné použít cívky s menším počtem závitů a drát s větším průměrem a volit feritový materiál s menší počáteční permeabilitou μ_p (a s větší vzduchovou mezerou) a tím i se stabilnějšími parametry. Činitel jakosti naprázdno je tedy v tomto případě větší než u cívek pro sériové rezonanční obvody.

Dosáhneme-li lepších vlastností paralelního rezonančního obvodu, bude i nakmitané rezonanční napětí větší.

Rezonanční obvod	paralelní	sériový
Možnost optimální realizace zdroje signálu obvodu	snazší	dost obtížná
Volba vhodného poměru L/C , realizace cívky vhodné indukčnosti s dobrými parametry	dosahuje se větší Q_0 , stálejší parametry obvodu s teplotou	konstrukce je velmi obtížná, vyžadovala by speciální materiály
Nastavování parametrů jednotlivých obvodů při použití vícekanálového přenosu	velmi výhodné a jednoduché	složité a pracné

Použitelnost paralelního a sériového obvodu pro pasivní část selektivního zesilovače je srovnána v tabulce.

Podle tohoto porovnání je vidět, že paralelní rezonanční obvod je výhodnější než sériový. Z tohoto důvodu jsme v následující konstrukci selektivního zesilovače použili paralelní obvod. Tato konstrukce není nová. Takto zapojené selektivní zesilovače používá mnoho výrobců souprav dálkového ovládání.

Považujeme za nutné zabývat se též otázkou teplotní stability parametrů rezonančních obvodů. Velmi mnoho amatérských konstruktérů souprav dálkového ovládání tuto otázkou velmi podceňuje a ve svých návrzích ji vůbec nerespektují. Přitom je stejně důležitá jako pečlivé nastavení přijímače v celém rozsahu teplot. Není vůbec nic platné, bude-li přijímač pracovat v celém rozsahu pracovních teplot, posune-li se však rezonanční kmitočet filtrů s teplotou tak, že přijatý signál nf kmitočtu bude mimo jeho křivku propustnosti nebo bude dokonce ovládat druhý kanál.

Pro dobré pochopení problematiky bude potřebné uvést několik vzorců. Teplotní součinitel rezonančního obvodu udává, jak se změní rezonanční kmitočet při změně teploty o 1°C . Tento souči-

nitel je vázán s teplotním součinitelem indukčnosti a_L a kapacity a_C vztahem

$$a_0 \approx -\frac{1}{2}(a_C + a_L).$$

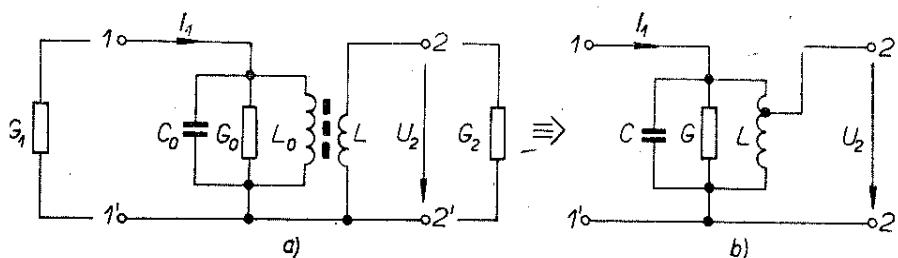
Tento vztah říká, že teplotní součinitel rezonančního obvodu bude nulový (ideální stav), bude-li mít teplotní součinitel indukčnosti a kapacity stejnou absolutní hodnotu, ale opačné znaménko. Potom

$$a_0 \approx -\frac{1}{2}(a_C + a_L) \text{ při } | -a_C | = | a_L |$$

$$a_0 \approx -\frac{1}{2}(0) \approx 0.$$

Abychom vyrovnal teplotní součinitel cívky, zvolíme kondenzátor, jehož teplotní součinitel kompenzuje teplotní součinitel cívky. Nepodaří se asi, aby byl teplotní součinitel rezonančního obvodu vždy nulový, snažíme se však, aby byl co nejmenší.

Cívky pro rezonanční obvody selektivních zesilovačů mají většinou velkou indukčnost. Proto se používají pro magnetický obvod feritové materiály. Jsou v provedení pláštovém nebo jádrovém. Na našem trhu jsou v současné době jádra E s různými rozměry středního



Obr. 27. Paralelní rezonanční obvod

sloupu (a s různou velikostí A_L) nebo feritové hrníčky.

Každá cívka (i vzduchová) má kladný teplotní součinitel. Protože se v našem případě používá pro magnetický obvod feritový materiál s velkou μ_p , je určujícím činitelem teplotního součinitela cívky teplotní součinitel magnetického materiálu. Teplotní součinitel feritového materiálu je téměř vždy kladný. V zahraničí se vyrábějí i feritové materiály s nulovým nebo slabě záporným teplotním součinitelem, nesou obchodní název Sirufer.

Naše feritové materiály mají obchodní označení FONOX. Vyrábějí je závody práškové metalurgie Šumperk. Katalog jejich výrobního programu obsahuje dost velký sortiment výrobků - škoda jen, že pouze na papíře. Na trhu (myšleno prodejny), kde amatér může kupovat, je jen velmi málo jejich výrobků.

Pro konstrukci byly v praxi použity feritové hrníčky o $\varnothing 18 \times 11$ mm z hmoty H12 a jádra E 12 10 \times 3 \times 3 mm z hmoty H10. Oba tyto materiály mají kladný teplotní součinitel a to materiál H10 větší než H12. Pro teplotní kompenzaci bude tedy nutné použít kondenzátory se záporným teplotním součinitelem, např. polystyrénové kondenzátory.

Nejpoužívanější typy kondenzátorů

Kondenzátory MP, zastříknuté, válcové

Označení TC180, provozní napětí 100 V. Kapacity kondenzátorů jsou podle řady E6.

Tolerance:

od 100 pF do 10 nF $-20\% +50\%$,
od 12 nF do 0,1 μ F $-20\% +30\%$,
od 0,15 nF do 0,1 μ F $-20\% +30\%$,
od 0,15 μ F do 2 μ F $\pm 20\%$.

Kondenzátory jsou vyrobeny z metalizovaného papíru, vyznačují se regenerační schopností (tj. při průrazu nedojde k trvalému zkratu a kondenzátor je po průrazu schopen dalšího provozu). Provozní napětí je třeba po překročení okolní teploty nad 40 °C zmenšit. Ztrátový činitel $\text{tg } \delta = 0,015$ při $f = 800$ až 1 000 Hz. Nejmenší provozní napětí je 100 mV. Podrobnější údaje obsahuje norma ČSN 35 8231.

Polystyrénové kondenzátory s většími kapacitami

Typové označení	Kapacita [pF]	Provozní napětí [V]	\varnothing [mm]	Délka d [mm]	Tolerance
TC281	330	100	4,5	11	A ($\pm 10\%$) B ($\pm 5\%$)
	470				
	560				
	680				
	820				
	1 000				
	1 200				
	1 500				
	1 800				A ($\pm 10\%$) B ($\pm 5\%$) C ($\pm 2\%$)
	2 200				
	2 700				
	3 300				
	3 900				
	4 700				
	5 600				
	6 800				
	8 200				
	10 000				

Polystyrénové kondenzátory

Označení TC281, provozní napětí 100 V, tolerance $\pm 10\%$, 5% , 2% . Teplotní součinitel asi $-150 \cdot 10^{-6} / ^\circ\text{C}$. Ztrátový činitel $\text{tg } \delta = 10 \cdot 10^{-4}$ pro kondenzátory s kapacitou 47 pF až 560 pF při 1 MHz a $\text{tg } \delta = 15 \cdot 10^{-4}$ pro kondenzátory s větší kapacitou (při 0,3 MHz).

Podrobné vlastnosti jsou uvedeny v technických podmínkách TPF 578-36-57. V tabulce je uveden typ, kapacita, rozměry a tolerance polystyrénových kondenzátorů.

Keramické kondenzátory ploché z hmoty Permitit 6 000 (červené polštářky) mají označení TK750, provozní napětí 40 V a vyrábějí se od 15 nF do 0,1 μF . Při označení TK751 mají provozní napětí 250 V a vyrábějí se od 3 300 do 10 000 pF. Tolerance kapacit se neuvádí. Permitivita je 6 000 až 7 500. Teplotní součinitel kapacity a_C je nelineární (nedoporučujeme do laděných obvodů). Ztrátový činitel $\text{tg } \delta = 200$ při $f = 1\text{ 000 Hz}$. Barva nátěru je višňově červená.

Zesilovací stupeň a obvod kladné zpětné vazby

Na obr. 26 je selektivní zesilovač, v němž je filtr se sériovým rezonančním obvodem a na obr. 27 selektivní zesilovač s filtrem s paralelním rezonančním obvodem. Jak je zřejmé z obrázků, je zesilovací stupeň u obou zapojení podobný.

Popis činnosti

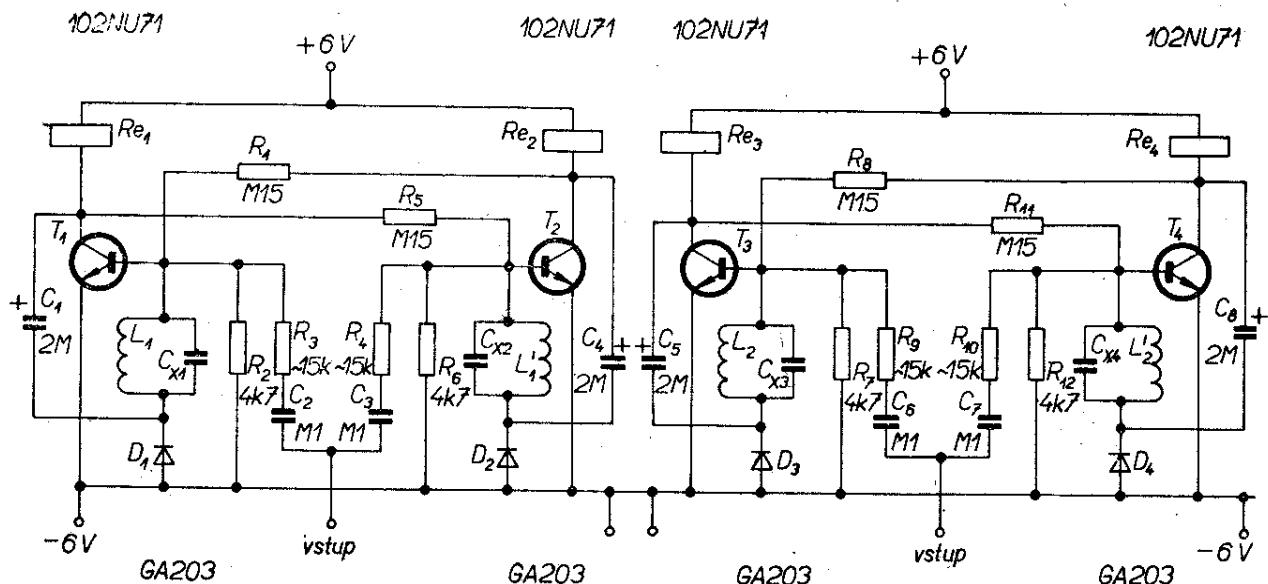
Přivedeme-li na vstup selektivního zesilovače střídavé napětí o kmitočtu, na nějž je naladěn selektivní filtr, dostane se na kmitané napětí na bázi tranzistoru buď přímo nebo indukční vazbou. Tranzistor, který v klidu nevede (kolektorem protéká pouze malý proud), začne zesilovat. V obvodu kolektoru je pracovním odporem vinutí relé. Zesílené střídavé napětí se přivádí obvodem kladné zpětné vazby (C_v) zpět na bázi a současně se usměrňuje diodou D . Usměrněným napětím se tranzistor více otevírá (zvětšuje se proud kolektoru) a protože je i více buzen (vlivem zpětné vazby) má větší zesílení. Růst ko-

lektorového proudu je omezen činným odporem vinutí relé. Tento děj je z počátku (oblast malých proudů kolektoru) lineární. Zvětší-li se však napětí přiváděné na diodu tak, že bude stejné nebo větší než je napětí kolena charakteristiky diody (u germaniových diod asi 0,3 V), dojde k prudkému zvětšení kolektorového proudu tranzistoru. Výsledkem je, že spínací pochod má klopný charakter. Tranzistorový zesilovač na obr. 26 nemá vůbec stabilizován pracovní bod. To má za následek, že se uplatňuje vliv teploty okolí na činnost obvodu. Je-li na tomto stupni tranzistor s velkým klidovým proudem, může dojít i k samovolnému spínání relé. Představíme-li si, že teplota v trupu modelu dosahuje v létě až 50°C , uvědomíme si, že musíme před osazením zesilovače pečlivě vybírat tranzistor (aby měl co nejmenší I_{CB0}). Při výčekanálovém přijímači je dobré, aby tranzistory jednotlivých stupňů měly stejný proud I_{CB0} a β .

Jako dioda je nejvhodnější dioda typu OA5; má velmi malý odpor v propustném směru. Cena těchto diod je ovšem značná. Vyhoví však i diody typu 1 až 7NN41 nebo GA201 až 205. Je třeba vybrat a použít pouze diody s nejmenším odporem v propustném směru; odpor by neměl být větší než $100\ \Omega$.

Popis navržených selektivních zesilovačů

Čtveřice navržených selektivních zesilovačů (obr. 28) pracuje tak, že dva a dva selektivní zesilovače jsou spřaženy. Je to proto, že vždy jedna dvojice je určena pro ovládání jednoho servomechanismu. Aby nebylo možné (poruchou nebo jinak) současné sepnutí obou selektivních zesilovačů jedné dvojice, jeden selektivní zesilovač blokuje vždy párový selektivní zesilovač odpory R_1, R_5, R_8, R_{11} . Při sepnutí např. tranzistoru T_1 je odpor R_1 (napětí pro bázi T_2) zkratován tranzistorem T_1 , tím je dokonale zablokován T_2 . Konstrukčně jsou selektivní zesilovače navrženy tak, že je možno používat jednotlivé dvojice samostatně (deska s plošnými spoji se přepůlí). Sestavením dvojice selektivních zesilovačů vznikne stavebnice o libovolném sudém počtu kanálů.



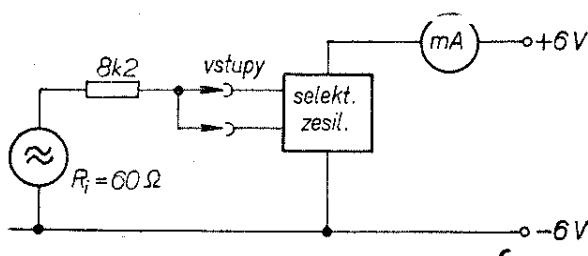
Obr. 28. Schéma zapojení čtyř selektivních zesilovačů

Postup nastavení selektivních zesilovačů

Po mechanické a optické kontrole pájení a po odstranění případných zkratů apod. zapojíme destičku se selektivními zesilovači podle obr. 29. Na vstupy připojíme přes oddělovací odpor asi $8,2\text{ k}\Omega$ tónový generátor (možno připojit vždy jednu dvojici po druhé). Není-li tónový generátor naladěn na některý z rezonančních kmitočtů, bude odběr proudu ze zdroje asi 1 mA. Tento proud je klidovým proudem čtyř selektivních zesilovačů. Tónový generátor pak nastavíme na rezonanční kmitočet jednoho selektivního obvodu (s tranzistorem např. T_1). Regulátorem výstupního napětí generátoru nastavíme takové napětí, aby na vstupních svorkách selektivních zesilovačů bylo $U_{vst} = 300\text{ mV}$ (kontrolujeme elektronkový milivoltmetrem). Nejlépe je ponechat na destičce plošných spojů díry pro odpory R_3, R_4, R_9, R_{10} volné a při sladování odp-

ry nahradit odporovými trimry ($47\text{ k}\Omega$), které nastavíme na maximální odpor. Zmenšováním odporu R_1 nastavíme proud kolektoru T_1 na 5 mA. Pomocí C_{x1} nastavujeme obvod L_1, C_{x1} do rezonance (max. výchylka Avometu). Pracujeme při malých proudech kolektoru (zvětšíme odpor odporového trimru), neboť maximum proudu kolektoru T_1 při rezonanci L_1, C_{x1} je pak nejvýraznější. Po nastavení rezonance L_1, C_{x1} zmenšíme odpor trimru tak, aby byl proud kolektoru T_1 asi 18 mA. Tímto způsobem nastavíme rezonanci všech čtyř rezonančních obvodů. Při nastavování rezonance kontrolujeme úroveň nf napětí na vstupních svorkách. Jsou-li nastaveny rezonance všech čtyř obvodů, změříme odpor odporových trimrů a nahradíme je pevnými odpory s hodnotou nejblíže menší v řadě E12. Potom kontrolujeme šířku pásma jednotlivých obvodů. Kontroluje se velikost rozladění od rezonančního kmitočtu pro zmenšení proudu kolektoru asi na 4 mA. Šířka pásma nemá být větší než asi $\pm 250\text{ Hz}$. Proladujeme tónovým generátorem příslušné kmitočtové pásmo a sledujeme, zda spíná vždy pouze jedno relé.

Tím je nastavení selektivních zesilovačů skončeno. Na závěr je snad možné připomenout, že ten, kdo nebude používat originální relé (myšleno nastavené výrobním podnikem), musí předem všechna



Obr. 29. Zapojení selektivních zesilovačů při nastavování

čtyři relé upravit tak, aby spínala a rozpínala při stejném proudu.

Technické údaje selektivních zesilovačů

Proud při sepnutí jednoho selektivního zesilovače je asi 18 mA. Klidový proud je asi 0,3 mA (tranzistory s $h_{21E} \approx 70$). Vstupní napětí pro spínání je $U_{vst} = 300$ mV. Citlivost se nastavuje odpory R_3, R_4, R_9, R_{10} . Šířka pásma (pro zmenšení I_C na 4 mA) je ± 250 Hz.

Seznam součástek

Tranzistory

102NU71 ($h_{21E} = 70$, $I_{E0} = 5 \mu A$ max.), 4 ks

Diody

GA203, 4 ks

Odpory

$R_1, R_5, R_6, R_{11} 0,15 \text{ M}\Omega$
 $R_2, R_3, R_7, R_{12} 4,7 \text{ k}\Omega$

$R_4, R_9, R_{10} 15$ až $33 \text{ k}\Omega$

Všechny odpory typu TR112a.

Relé

Re_1, Re_2, Re_3, Re_4 MVVS – AR2 230

Kondenzátory

C_1, C_4, C_5, C_8 TC243, 2 μF
 C_2, C_6, C_7 TK751, 0,1 μF
 C_{x_1} TC181, 15 nF (1. kanál)
 C_{x_2} TC281, 3,3 nF + 8,2 nF (2. kanál)
 C_{x_3} TC281, 6,8 nF + 2,2 nF (3. kanál)
 C_{x_4} TC281, 6,8 nF + 330 pF (4. kanál)

Cívky jsou vinuty válcově, L_1 má 1 500 z drátem o $\varnothing 0,08$ mm CuL, indukčnost je 310 mH. Cívka L_2 má 1 300 z stejným drátem, indukčnost je 200 mH. Obě cívky jsou na feritovém jádru EE 3 \times 3, 9 \times 12 mm, půlky jádra nejsou párované. Typové označení jádra 0930-14-H 10.

Vysílače

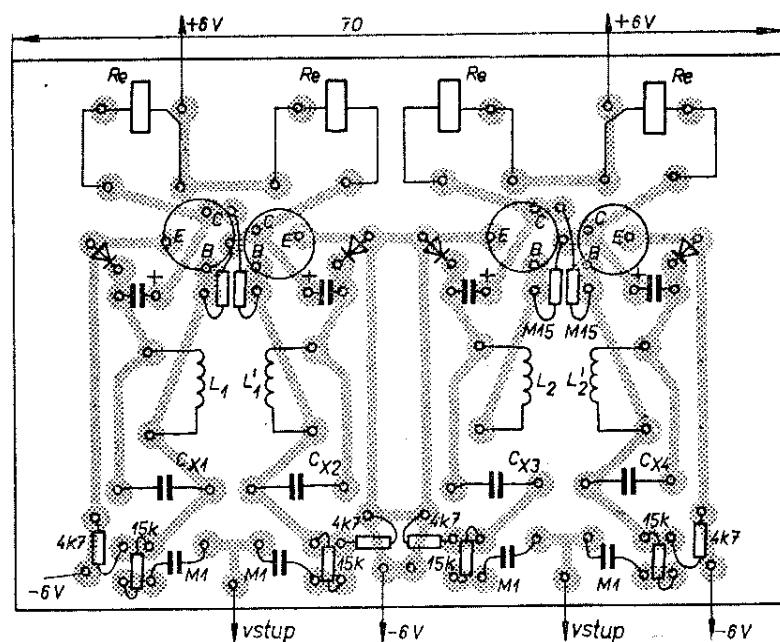
V praktických návodech pro stavbu vysílače pro dálkové ovládání jsme se snažili co nejvíce vyhovět možnostem co nejširší skupiny zájemců. Vyzkoušeli jsme několik variant vysílačů. Všechny patří do skupiny vysílačů s větším výstupním výkonem. Minimální výstupní výkon je asi 300 mW. Proč jsme navrhli vysílače s větším výstupním výkonem? Důvodů je hned několik:

1. Při použitém způsobu modulace se při modulování zmenšuje vyzařovaný výstupní výkon.

2. Aby vysílaný signál vytvořil dostačně silné vf pole a aby se v nejvyšší možné míře potlačilo nežádané rušení příjmu.

3. Použitý způsob modulace (i když zmenšuje vyzařovaný vf výkon) je perspektivní pro digitální přenos informace.

4. Snadno se realizují a nastavují modulační stupně.



Obr. 30. Rozmístění součástek a plošné spoje selektivních obvodů (Smaragd D44)

(pod nadpisem Re cívka relé nemá být plošný spoj, ale díra pro upevnovací šroubek)

Modulace navržených vysílačů je pulsní amplitudová (PAM). Hloubka modulace je 100 %. Bez modulace je vysílána stále nosná vlna. Velikost vysílaného výkonu určíme integrací plochy vysílaného signálu, takže při nastavení střídy pulsů a mezer na poměr 1:1 klesá „plnění“ vysílaného signálu až na polovinu. Tím je zmenšena plocha a zmenšuje se i množství vysílané energie. Proto musí být dostatečná rezerva vysílaného výkonu, aby při modulování bylo vf pole stále dostatečné (v žádané vzdálenosti od vysílače).

Při uvažování citlivosti superhetů ($< 10 \mu\text{V}$) by postačil k zajištění spojení na požadovanou vzdálenost menší vyzářený výkon. Ovšem při provozu soupravy dálkového ovládání mohou nastat tzv. „nejhorší pracovní podmínky“. Pro největší míru bezpečnosti provozu je proto nutné uvážit i tyto nejhorší pracovní podmínky, takže požadavek maximálního vf pole vysílače v pracovním prostoru soupravy je jistě na místě. Tím se zmenší i vliv nežádaného rušení spojení na minimum. Použitý způsob modulace umožňuje perspektivně použít vysílač pro digitální přenos informace. Postačí vyměnit ve vysílači modulátor. Spínací stupně modulátoru zůstanou beze změny.

Ve většině variant navrhovaných vysílačů se používají křemíkové tranzistory. Pro ty, kteří mají doma v zásobě výkonné germaniové tranzistory, uvádíme variantu zapojení s germaniovými tranzistory.

Protože nejsou na trhu potřebné kryštaly, předpokládali jsme, že budou používány i kryštaly s nižším pracovním kmitočtem. Proto ve většině vysílačů je použit Clappův oscilátor, jehož kolektový obvod lze naladit na požadovaný harmonický kmitočet krystalu (tzn. 27,12 MHz nebo 40,68 MHz).

V praktické části je popis stavby čtyř typů vysílačů. Tyto vysílače jsou navrženy pro obě kmitočtová pásma.

Pro pásmo 27,120 MHz jsou to vysílače:

a) s křemíkovými tranzistory a s modulací budicího stupně;

b) s křemíkovými tranzistory a s modulací koncového stupně.

Pro pásmo 40,68 MHz jsou to vysílače:

a) s křemíkovými tranzistory a s modulací budicího stupně;

b) s křemíkovými tranzistory v koncovém stupni a s germaniovými tranzistory v oscilátoru a budicím stupni.

Vysílače pro pásmo 27 MHz (RC-V1)

Vysílač s modulací budicího stupně

Technické údaje

Kmitočet: 27,120 MHz

Rozměry: 127 × 56 mm.

Anténa: 1,45 m.

Vysokofrekvenční výkon: asi 450 mW.

Napájecí napětí: 12 až 13,5 V.

Spotřeba: 150 mA.

Rozsah pracovních teplot: —10 až +60 °C.

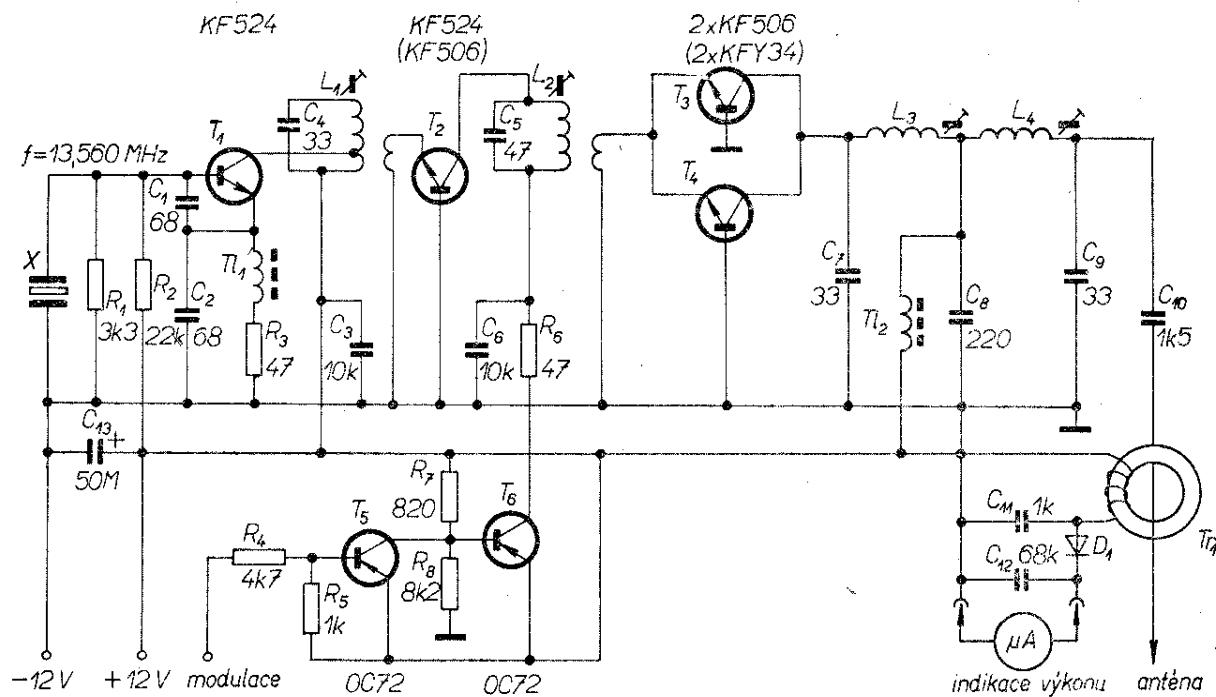
Váha: váha destičky vysílače a modulátoru je nepatrná vůči váze skříně vysílače a baterií.

Osazení vysílače: 2 × KF524, 1 × nebo
2 × KF506 (BFY34),
2 × OC72, GA203.

Popis vysílače

Ovládací vysílač (obr. 31) je třístupňový. Kmitočet nosné vlny je řízen krystalem. Modulace je pulsní amplitudová v budicím stupni vysílače. Vysílač je osazen tranzistory běžně dostupnými na našem trhu. Celý vysílač je zapojen na destičkách s plošnými spoji. Rozměry destičky vysílače jsou shodné s rozměry destičky modulátoru. Spínací stupně modulátoru jsou na destičce s plošnými spoji vysílače. Cívky vf obvodů jsou navinuty na válcových kostříčkách o $\varnothing 5$ mm a jsou umístěny ve stínícím krytu. Vyzařování parazitních (harmonických) kmitočtů zabraňuje výstupní obvod – dvojitý článek Π . Indikace chodu vysílače je optická na měřicím přístroji.

Vysílač se napájí třemi plochými bateriemi nebo deseti články NiCd, typ 451. Celý vysílač je vestavěn do hliníkové skřínky. Na její přední stěně jsou umístěna ovládací tlačítka, indikační přístroj, spínač a držák antény. Anténní držák má k rovině přední stěny skřínky vysílače



Obr. 31. Vysílač 27,12 MHz s modulací do budicího stupně

sklon 45°. Skříňka vysílače je nastříkána ochranným lakem. K usnadnění manipulace lze celý vysílač zavěsit na krk nosným řemenem. Řemen se připíná kovovými karabinkami do nosných závěsů, umístěných na čelní stěně skříňky vysílače. Anténa vysílače je teleskopická o celkové délce 145 cm. Ovládací tlačítka jsou sdružena vždy po čtyřech (nebo dvě a dvě – podle varianty modulátoru) na ovládací kniple.

Popis funkce vysílače

Oscilátor T_1 je řízen krystalem a osazen tranzistorem KF524. Protože se předpokládá používání krystalu nižšího kmitočtu, bylo zvoleno zapojení oscilátoru podle Clappa. Oscilátor musí odevzdávat vf výkon (rádu mW) pro vybuzení budicího stupně T_2 , proto je jeho oscilační obvod upraven. Pro vznik oscilační nesmí být odpor v emitoru srovnatelný s reaktancí kondenzátoru C_2 (dolního člena kapacitního děliče C_1C_2). Při malém napájecím napětí a současně při požadavku výstupního výkonu rádu mW je třeba, aby tranzistorem protékal potřebný proud (asi 10 až 12 mA). Aby tranzistorem protékal větší proud je nutné, aby emitorový odpor byl malý – tím již není

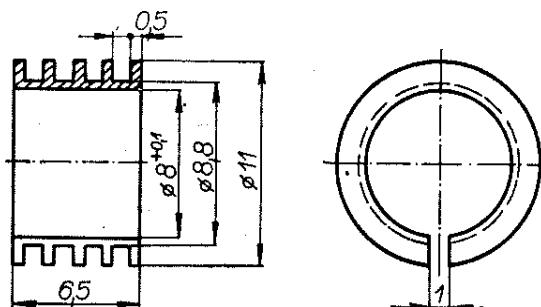
dostatečně splněna podmínka vzniku oscilačí. Z tohoto důvodu je vložena do obvodu emitoru tlumivka Tl_1 v sérii s odporem R_3 . Indukční reaktance tlumivky pro pracovní kmitočet oscilátoru je velká, takže impedance sériového spojení Tl_1R_3 (vektorový součet) je mnohem větší než kapacitní reaktance C_2 . Kapacitní dělič C_1C_2 není tímto zapojením ovlivněn; tím je splněna podmínka pro vznik oscilací. Tímto způsobem je možné získat větší výstupní výkon oscilátoru. Při různé jakosti použitých krystalů je možné změnou odporu R_3 měnit pracovní bod tranzistoru T_1 a tím dosáhnout vf výkonu potřebného k vybuzení T_2 . Pro dobré přizpůsobení T_1 je kolektor na odbočce laděného obvodu L_1C_4 . Vazba mezi oscilátorem a budicím stupněm T_2 je indukční (dva závity těsně na L_1).

Budicí stupeň s tranzistorem T_2 je zapojen se společnou bází. Tako zapojený zesilovač výkonu dovoluje použít méně jakostní tranzistor (s nižším mezním kmitočtem f_T); má též dobrou teplotní stabilitu i když výkonové zesílení je menší než u stupňů v zapojení se společným emitem. Napájecí kolektorové napětí se spíná tranzistorem T_6 v rytmu přiváděné modulace. Není-li přiváděna žádná modulace

(není vysílán povol), T_6 je otevřen a kolektor T_2 je připojen na napájecí napětí. V nouzi je možné osadit tento stupeň i tranzistorem KF506 až KF507.

Koncový stupeň T_3 , T_4 je navržen tak, že je možné jej osadit jedním nebo dvěma tranzistory. Dva tranzistory pracují v paralelním zapojení. Výstupní výkon dosažený zapojením dvou tranzistorů není dvojnásobný, jak by se dalo očekávat, lze však dosáhnout zvětšení výstupního výkonu (oproti zapojení s jedním tranzistorem) o 60 až 80 %. Požadavky na parametry koncových tranzistorů nejsou přísné. Pro dobrou funkci postačí, aby proudový zesilovací činitel h_{21F} obou tranzistorů se vzájemně nelišil o více než 15 až 20 %. Proudový zesilovací činitel je ovšem nutné měřit v daném pracovním bodě, tzn. při $U_{CE} = 12$ V a $I_C = 50$ mA. Oba tranzistory pracují stejně jako budicí stupeň v zapojení se společnou bází. Vazba mezi budicím stupněm T_2 a koncovým stupněm T_3 , T_4 je indukční (dva závity těsně na L_2). Pro maximální potlačení nežádoucích kmitočtů (harmonických kmitočtů oscilátoru) je výstupní laděný obvod zapojen jako dvojitý článek Π . Napájecí napětí pro koncový stupeň se přivádí do míst, kde má obvod menší impedanci, tj. do středu dvojitého článku Π . V přívodu napájecího napětí je k zamezení nežádoucích vazeb přes napájecí zdroj vložena tlumivka Tl_2 . Oba tranzistory T_3 , T_4 koncového stupně jsou opatřeny chladiči (obr. 32).

Spínací stupně modulátoru s tranzistory T_5 , T_6 pracují tak, že není-li přiváděna žádná informace, vysílač stále nosnou vlnu. Je-li vysílán povol, přivádí se nf modulační napětí z modulátoru na



Obr. 32. Chladič pro tranzistory v pouzdře TO5

bázi tranzistoru T_5 . Záporné pulsy modulace otevírají tranzistor T_5 , který je v klidu uzavřen. Otevřený tranzistor T_5 způsobí, že se na bázi tranzistoru T_6 dostává napětí emitorů T_5 a T_6 – dosud otevřený tranzistor T_6 se uzavře. Tím je rozpojen přívod napájecího napětí pro budicí stupeň T_2 a koncový stupeň T_3 , T_4 není buzen. Je to tzv. negativní modulace (nebo modulace „dolů“). Informace se vysílá mezerami v signálu nosné vlny. Tento způsob modulace zatím používají téměř všichni výrobci souprav dálkového ovládání.

Činnost vysílače se indikuje měřicím přístrojem. Napětí indukované v sekundárním vinutí toroidního transformátoru Tr_1 (primární vinutí tvoří drát přívodu k anténě) se usměrňuje diodou D_1 . Usměrněné napětí se přivádí na měřicí přístroj. Citlivost použitého měřicího přístroje je 200 μ A. Jádro toroidního transformátoru je ferokartové, získá se odříznutím části středního sloupku ferokartového hrníčku (tyto ferokartové hrníčky se používaly pro mf transformátory). Sekundární vinutí má přibližně 10 z drátu o \varnothing 0,3 mm CuLH. Počet sekundárních závitů je nutné individuálně upravit podle použitého magnetického materiálu a podle citlivosti použitého měřicího přístroje.

Mechanické provedení

Při konstrukci vysílače byla sledována možnost více variant v zapojení vysílače. I když je vysílač konstruován technikou plošných spojů, je možné jednoduchou úpravou volit různá zapojení jednotlivých stupňů. Mechanické uspořádání celého vysílače neuvádíme záměrně, neboť všichni zájemci nemají stejné „výrobní“ možnosti. Tranzistory T_2 , T_3 a T_4 se při vysílání zahřívají. Jsou proto opatřeny chladičem (obr. 32). Nejvhodnějším materiálem pro chladič je hliník nebo jeho slitiny. Hotový chladič se eloxuje a potom barví černou barvou. V nouzi postačí chladič dobře odmasti a nabarvit černou tuší. Aby přestup tepla z pouzdra tranzistoru do chladiče byl co nejlepší, je tranzistor před nasunutím chladiče potřen silikonovou vazelinou (poslouží dobré obsah pouzdra zničeného tranzistoru).

Uvádění do chodu

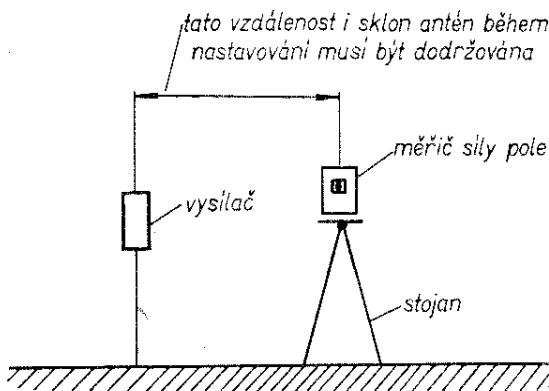
Ještě před stavbou vysílače je dobré shromáždit všechny potřebné součástky a kontrolovat, zda mají potřebné vlastnosti. Někdy se stane, že úplně nová součástka je vadná nebo že její hodnota je řádově odlišná od hodnoty natištěné na součástce. Tato práce je sice zdlouhavá, není však zbytečná, spíše naopak. Vyskytne-li se potom při stavbě přístroje závada, máme značně zúžený okruh při hledání příčiny závady. Tranzistory změříme a naměřené údaje poznamenáme na malý papírový štítek, který přilepíme na pouzdro tranzistoru. Dále navineme vlny cívky a tlumivky podle údajů v seznamu součástek. Navinuté cívky zajistíme izolačním lakem.

Destičku vysílače zapojujeme zásadně od oscilátoru. Nejdříve zapojíme všechny součástky oscilátoru mimo tranzistor T_1 . Tranzistor pro oscilátor vybereme tak, aby měl co největší proudový zesilovací činitel h_{21E} . Po připájení tranzistoru T_1 kontrolujeme, zda nevznikl někde náhodný zkrat mezi plošnými spoji nebo mezi součástkami. Potom přes miliampérmetr s rozsahem 30 mA připojíme napájecí napětí zmenšené na 9 V. Nejlépe je použít při oživování ředitelný zdroj stejnosměrného napětí, které lze plynule zvětšovat od nuly. Je-li po připojení napájecího napětí 9 V proud oscilátoru maximálně 10 až 12 mA, je vše v pořádku, a můžeme pokračovat v oživování oscilátoru. Při ladění rezonančního obvodu L_1C_4 poznáme nasazení kmitů oscilátoru z prudkého zvětšení kolektorového proudu tranzistoru T_1 . Zvětšíme napájecí napětí na 12 V. Na vazební vinutí L_1 (2 závity) připojíme jako zátěž žárovku 6 V/50 mA. Po ladění rezonančního obvodu L_1C_4 bude žárovka slabě žhnout, proud kolektoru bude při napětí 12 V 15 až 17 mA. Použijeme-li ke stavbě krystal s nižším kmitočtem, je nutné zkontolovat, zda je kolektorový obvod skutečně naladěn na žádaný harmonický kmitočet krystalu. Máme-li již postavený přijímač, potom stačí použít k této kontrole přijímač. Není-li tomu tak, je nejlépe použít k této zkoušce jakýkoli přijímač s potřebným rozsahem. Nejvhodnější je ovšem použít vlnoměr nebo měřič

kmitočtu. Je-li vše v pořádku, pak oscilátor pracuje správně a pokračujeme ve stavbě. Zapojíme všechny součástky budicího stupně (mimo tranzistor T_2). Opticky kontrolujeme zapojení. Místo pro připojení kolektoru spínacího tranzistoru T_6 propojíme drátem s emitorem T_6 . Jako poslední připojíme budicí tranzistor T_2 . Změníme napájecí napětí na 9 V a na vazební vinutí cívky L_2 připojíme jako zátěž žárovku 6 V/50 mA. Nebude-li po připojení napájecího napětí proud ze zdroje větší než 25 až 30 mA, je vše v pořádku. Laděním rezonančního obvodu L_2C_5 a L_1C_4 se snažíme nastavit maximální svit žárovky. Potom opět zvětšíme napájecí napětí na 12 V. Při jmenovitém napájecím napětí nemá překročit odběr proudu obou stupňů 38 mA. Odebíraný proud se značně mění (až o 50 %) naladěním rezonančních obvodů. Je proto nutno rezonanční obvody velmi pečlivě naladit.

Dále odstraníme drátový spoj a zapojíme spínací stupně modulátoru s tranzistory T_5 a T_6 . Vysílač napájíme zmenšeným napájecím napětím 9 V. Pracuje-li vysílač správně, musí žárovka svítit. Bude ovšem nutné poopravit naladění L_2C_5 , popř. L_1C_4 . Zvětšíme napájecí napětí na 12 V, doladíme opět oba rezonanční obvody na maximum svitu žárovky. Nyní vyzkoušíme funkci spínacích stupňů. Vstup pro modulaci zkratujeme na záporný pól napájecího napětí. Žárovka musí zhasnout. Zhasne-li žárovka, pracuje správně spínací stupeň a můžeme zapojit koncový stupeň. Přes C_{10} zapojíme automobilovou žárovku 12 V/1,5 W na zem. Při zmenšeném napájecím napětí ladíme všechny rezonanční obvody na největší svit žárovky. Zapojí-li se oba tranzistory T_3 a T_4 , pak se při jmenovitém napájecím napětí zvětší odběr proudu na 150 mA. Při zmenšeném napájecím napětí 9 V je odběr proudu menší než 100 mA. Zbývá ještě zapojit obvod indikace funkce vysílače. Upravou počtu sekundárních závitů toroidního transformátoru nastavíme optimální výchylku



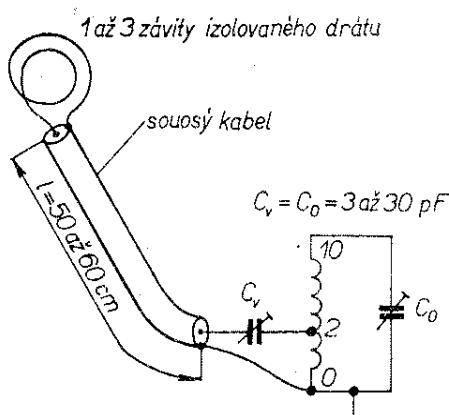


Obr. 33. Nastavování vysílače měřičem sily pole ve volném prostoru

ručky měřicího přístroje. Dále kontrolujeme podle výše popsaného způsobu spínačí stupně modulátoru.

Po vestavění destičky vysílače do skřínky a připojení antény nastavíme maximum výstupního výkonu. Maximum vyzářované vf energie lze nejlépe nastavit podle měřice síly pole a pokud možno ve volném prostoru. Během konečného nastavování rezonančních obvodů je nutné dodržet stálou polohu i vzdálenost antény vysílače a antény měřicí síly pole (obr. 33). Je samozřejmě nutné, aby se během ladění neměnila poloha těla operátéra vůči vysílači.

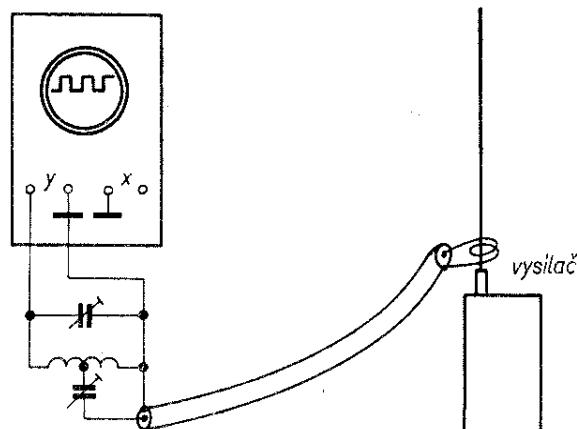
Ten, kdo má možnost používat při nastavování vysílače vf osciloskop, může kontrolovat tvar modulovaného i nemođulovaného antennního signálu. Pro tuto práci si zhotovíme jednoduchý měřicí přípravek (obr. 34). Vazební závity nasuneeme na patu antény. Zapneme vysílač a la-



Obr. 34. Přípravek k nastavování vysílače

dicím kondenzátorem naladíme maximální rozkmit signálu na obrazovce osciloskopu; dovolí-li nám to parametry osciloskopu, kontrolujeme, zda má signál sinusový tvar. Potom stisknutím tlačítka jednotlivých kanálů kontrolujeme tvar modulovaného vf signálu. Modulovaný vf signál má tvar přerušované nosné vlny (podle nf kmitočtu jednotlivých kanálů).

Po zakapání ladících jader v cívkách vf obvodů je oživení vysílače skončeno.



Obr. 35. Připojení měřeného vysílače k osciloskopu

Proud a napětí tranzistorů

Proud oscilátoru: 13 mA.

Proud oscilátoru a budiče = 38 mA.

Proud celého vysílače = 150 mA.

Při napájecím napětí 9 V je celkový odběr proudu menší než 100 mA.

Seznam součástek

Tranzistory

T_1, T_2 KF524
 T_3, T_4 KFY34 (KF506)
 T_5, T_6 OC72

Diody

D_1 GA203

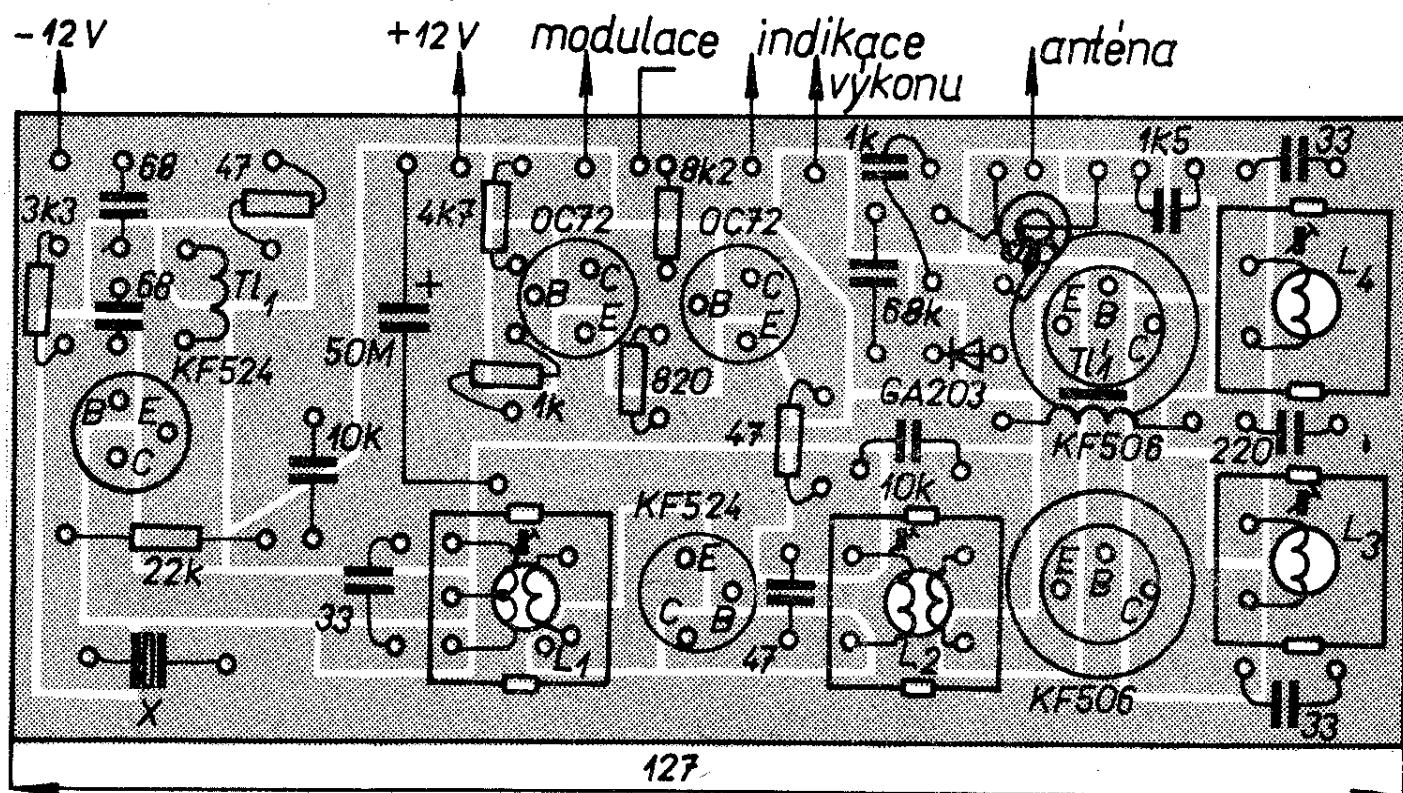
Odpory

R_1 3,3 k Ω
 R_2 22 k Ω
 R_3, R_6 47 Ω
 R_4 4,7 k Ω
 R_5 1 k Ω
 R_7 820 Ω
 R_8 8,2 k Ω

Všechny odpory jsou miniaturní, typu TR112a.

Cívky

Označení	Počet závitů	Vazba	Způsob vinutí	Indukčnost [μ H]	Drát CuL [\varnothing mm]	Poznámka
L_1	11 z odb. na 4. z	2 z		min. 0,6 max. 1,0	0,5	tělisko 4PA26016
L_2	10	2 z	válcově těsně	min. 0,5 max. 0,9	0,5	jádro WA43658
L_3	10			min. 0,5 max. 0,9	0,5	
L_4	12			min. 0,8 max. 1,2	0,5	
Tl_1	42			20	0,18	feritová tyčinka $\pm 2,8 \times 11$ mm H11 502 100
Tl_2	42			20	0,18	



Obr. 36. Rozmístění součástek a plošné spoje vysílače s $f = 27,12$ MHz (Smaragd D45)

Kondenzátory

C_1, C_2 SK79001, 68 pF
 C_3, C_6 TK751, 10 nF
 C_4, C_7, C_9 SK79000, 33 pF
 C_5 SK79000, 47 pF
 C_8 SK79002, 220 pF
 C_{10} TK424, 1 500 pF
 C_{11} TK424, 1 000 pF
 C_{12} TC181, 68 nF
 C_{13} TC963, 50 μ F

Ostatní součástky

krystal 27,120 MHz, 1 ks
kostříčky 2PA26071, 4 ks
dolahovací jádra WA43658, 4 ks

Vysílač 40,68 MHz s modulací do budicího stupně (RC-V2)

Technické údaje

Kmitočet: 40,68 MHz.

Rozměry: 56 × 127 mm.

Anténa: 1 m.

Vysokofrekvenční výkon: asi 450 mW.

Napájecí napětí: 12 až 13,5 V.

Spotřeba: 150 mA.

Rozsah pracovních teplot: od -10 do $+60$ °C.

Osazení vysílače: 2 × KF524, 1 × KT11, 1 × 2N3866 (2 × KFY34), 2 × OC72, 1 × GA203.

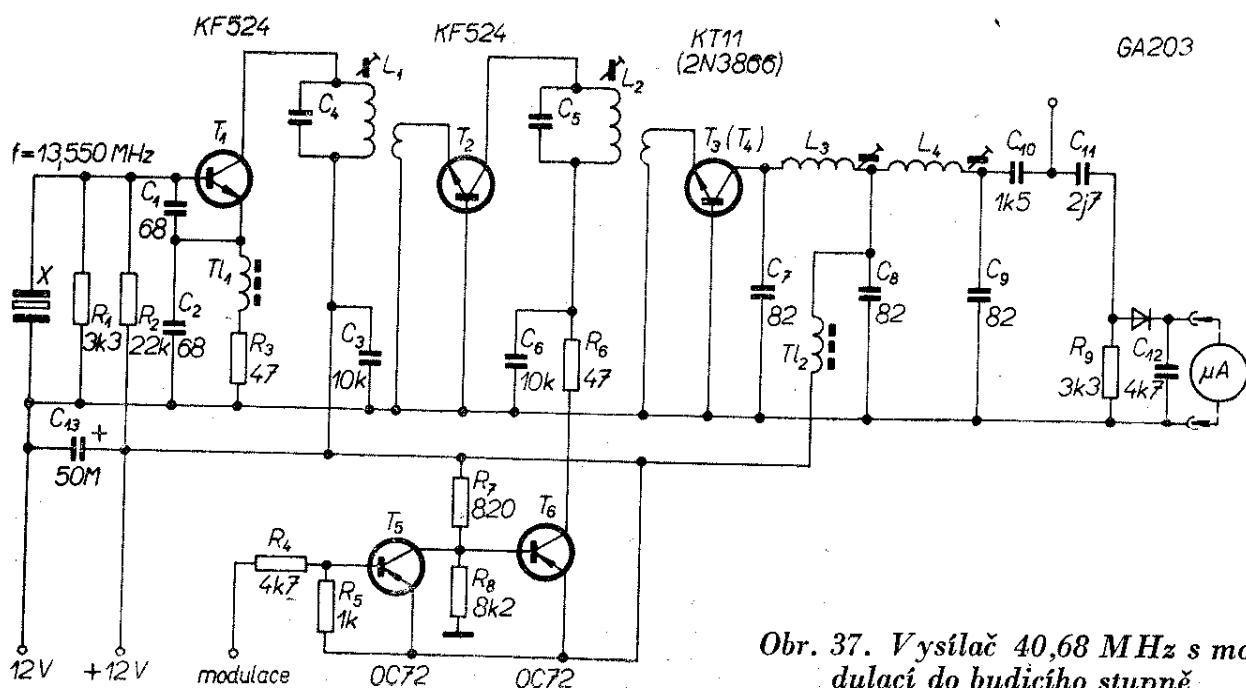
Mechanické provedení vysílače

Konstrukce vysílače je téměř totožná s konstrukcí vysílače pro pásmo 27 MHz. Rozdíly jsou dobře patrné ze schématu (obr. 37) a rozpisy materiálu. Oba vysílače byly zhotoveny a dobře fungují.

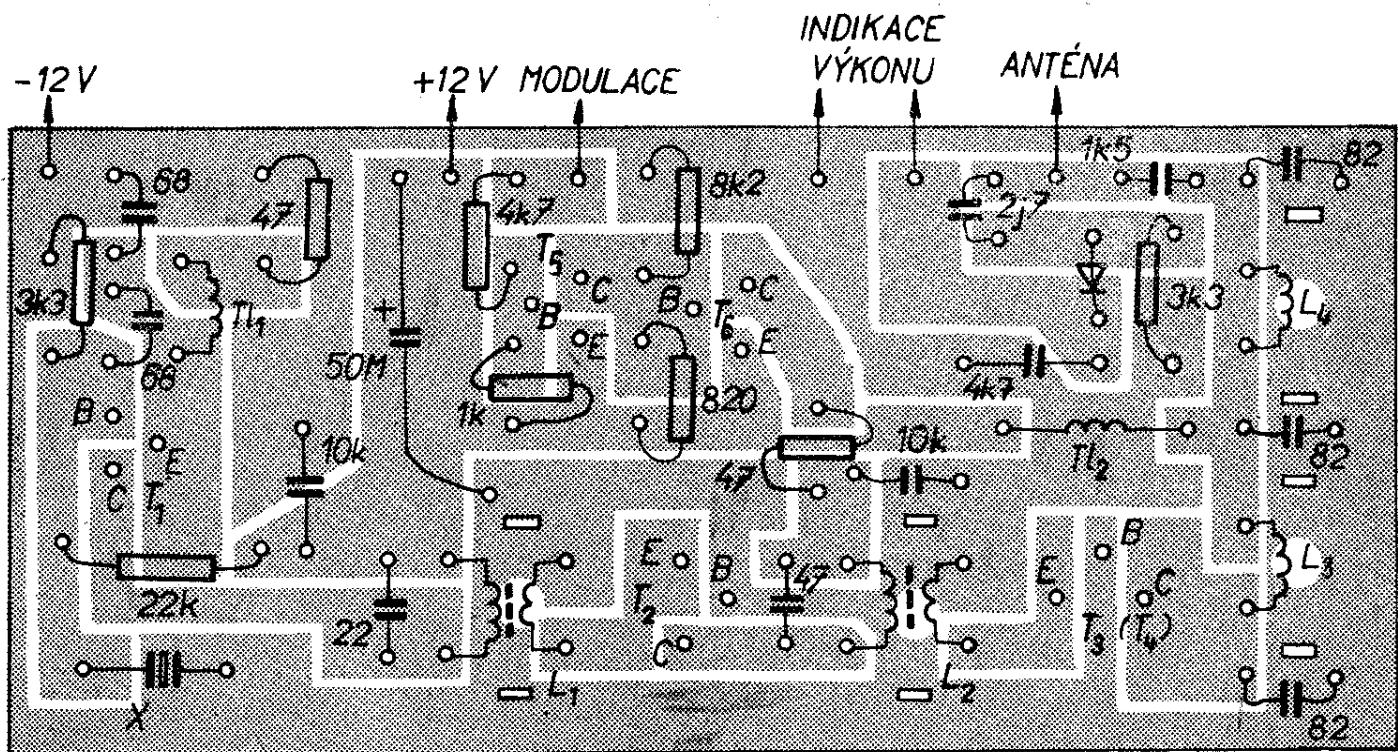
Uvádění do chodu

Při oživování tohoto vysílače platí stejný postup i zásady jako u vysílače pro pásmo 27 MHz. Pouze je zapotřebí věnovat zvláštní pozornost oscilátoru, používáme-li harmonický kmitočet krystalu. Nepracuje-li oscilátor správně, není budicí stupeň dostatečně buzen a není tedy maximální ani výstupní výkon. Činnost oscilátoru ovlivňuje i např. použití nevhodného krystalu. Některé krystaly nejsou vzhledem ke své speciální konstrukci vhodné pro oscilátor, z něhož chceme odebírat signál o harmonickém kmitočtu krystalu. U těchto krystalů je „zdůrazněn“ určitý harmonický kmitočet na úkor ostatních.

Při použití dobrých součástek nečiní však ani u tohoto vysílače uvedení do chodu potíže. Destička s plošnými spoji vysílače je na obr. 38.



Obr. 37. Vysílač 40,68 MHz s modulací do budicího stupně



Obr. 38. Rozmístění součástek a plošné spoje vysílače s $f = 40,68 \text{ MHz}$ (Smaragd D46)

Proud a napětí vysílače

Proud oscilátoru: 13 mA.

Proud oscilátoru a budiče: 38 mA.

Proud vysílače: 110 mA (KT11, 2N3866),

140 mA (2 × KFY34).

Napájecí napětí: 12 V.

Seznam součástek

Tranzistory

T_1 a T_2 KF524

T_3 a T_4 KT11 (2N3866) nebo 2 × KFY34.

Diody

GA203

Cívky

Označení	Počet závitů	Vazba [z]	Způsob vinutí	Indukčnost [μH]	Drát CuL \varnothing [mm]	Poznámka
L_1	11	4		min. 0,6 max. 1	0,5	
L_2	7	2		min. max.	0,5	
L_3	8		válcově těsně	min. max.	0,5	tělíska 4PA26016 lad. jádro WA43658
L_4	8			min. max.	0,5	
Tl_1	42			20	0,18	feritová tyčinka o \varnothing 2,8 × 11 mm H11
Tl_2	42			20	0,18	

Odpory

R_1, R_9 3,3 k Ω
 R_2 22 k Ω
 R_3, R_6 47 Ω
 R_4 4,7 k Ω
 R_5 1 k Ω
 R_7 820 Ω
 R_8 8,2 k Ω

Všechny odpory jsou miniaturní typu TR112a.

Kondenzátory

C_1, C_2 SK79001, 68 pF
 C_3, C_6 TK751, 10 nF
 C_4 SK79000, 22 pF
 C_5 SK79000, 47 pF
 C_7, C_8, C_9 SK79001, 82
 C_{10} TK424, 1,5 nF
 C_{11} TK219, 2,7 pF
 C_{12} TK440, 4,7 nF
 C_{13} TC963, 50 μ F

Ostatní součástky

krystal 40,68 MHz, 1 ks
kostříčky pro vf obvody 2PA26071, 4 ks
doladovací jádra WA43658, 4 ks

Vysílač pro 27,12 MHz s modulací koncového stupně

Tento vysílač (obr. 39) je variantou vysílače podle obr. 34. Signál je modulován v koncovém stupni.

Technické údaje

Kmitočet: 27,12 MHz.

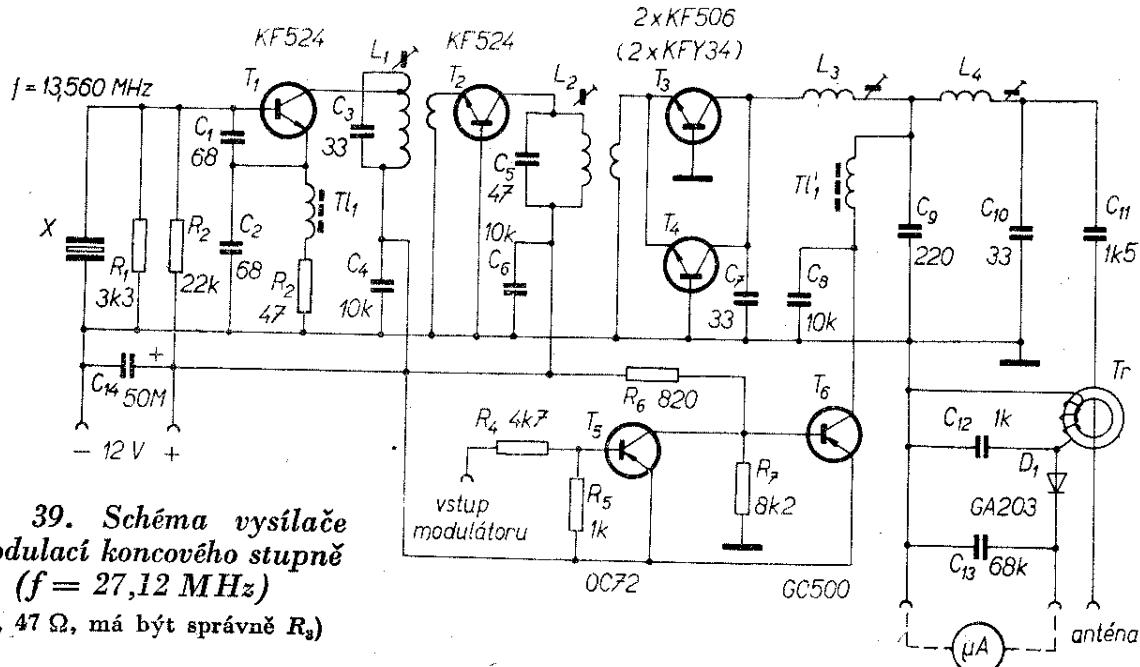
Rozměry: 56 × 127 mm.

Anténa: 1,45 m.

Vysokofrekvenční výkon: asi 450 mW.

Napájecí napětí: 12 až 13,5 V.

Spotřeba: 150 mA.



Obr. 39. Schéma vysílače s modulací koncového stupně ($f = 27,12$ MHz)

(R_2 , 47 Ω , má být správně R_3)

Rozsah pracovních teplot: —10 až +60 °C.
Osazení vysílače: 2 × KF524, 2 × KFY34 (2 × KF506), 1 × OC72, 1 × GC510, 1 × GA203.

Proud a napětí

Proud oscilátoru: 13 mA.

Proud oscilátoru a budiče: 38 mA.

Proud vysílače: 150 mA.

Napájecí napětí: 12 V.

Destička s plošnými spoji vysílače pro 27,12 MHz s modulací do koncového stupně je na obr. 40.

Seznam součástek

Tranzistory

T_1 a T_2 KF524
 T_3 a T_4 KFY34 (KF506)
 T_5 OC72
 T_6 GC500

Diody

D_1 GA203

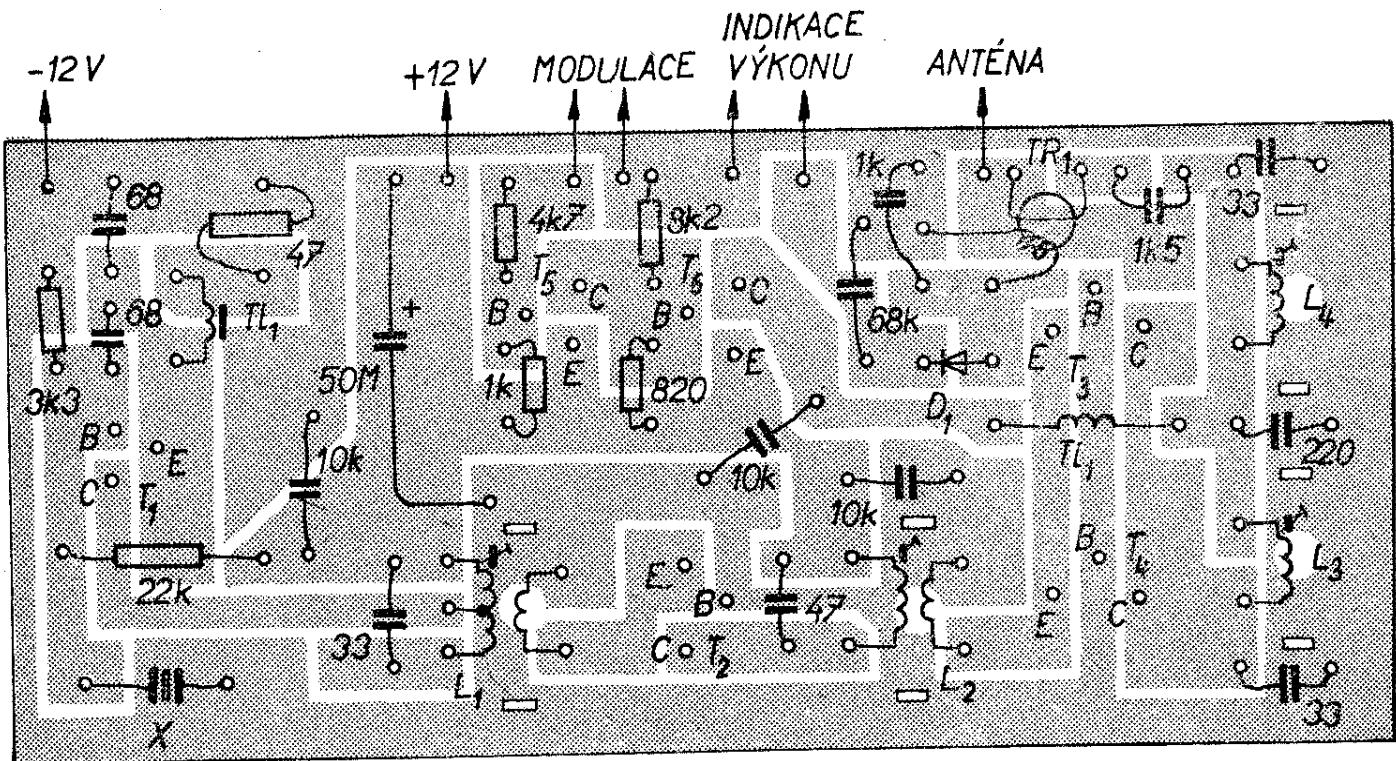
Odpory

R_1 3,3 k Ω
 R_2 22 k Ω
 R_3 47 Ω
 R_4 4,7 k Ω
 R_5 1 k Ω
 R_6 820 Ω
 R_7 8,2 k Ω

Všechny odpory jsou miniaturní typu TR112a.

Kondenzátory

C_1, C_2 SK79001, 68 pF
 C_3, C_7, C_{10} SK79000, 33 pF
 C_4, C_6 TK751, 10 nF
 C_5 SK79001, 47 pF
 C_8 TK751, 10 nF
 C_9 SK79002, 220 pF



Obr. 40. Rozmístění součástek a plošné spoje vysílače s $f = 27,12 \text{ MHz}$ (modulace do koncového stupně). Destička Smaragd D47

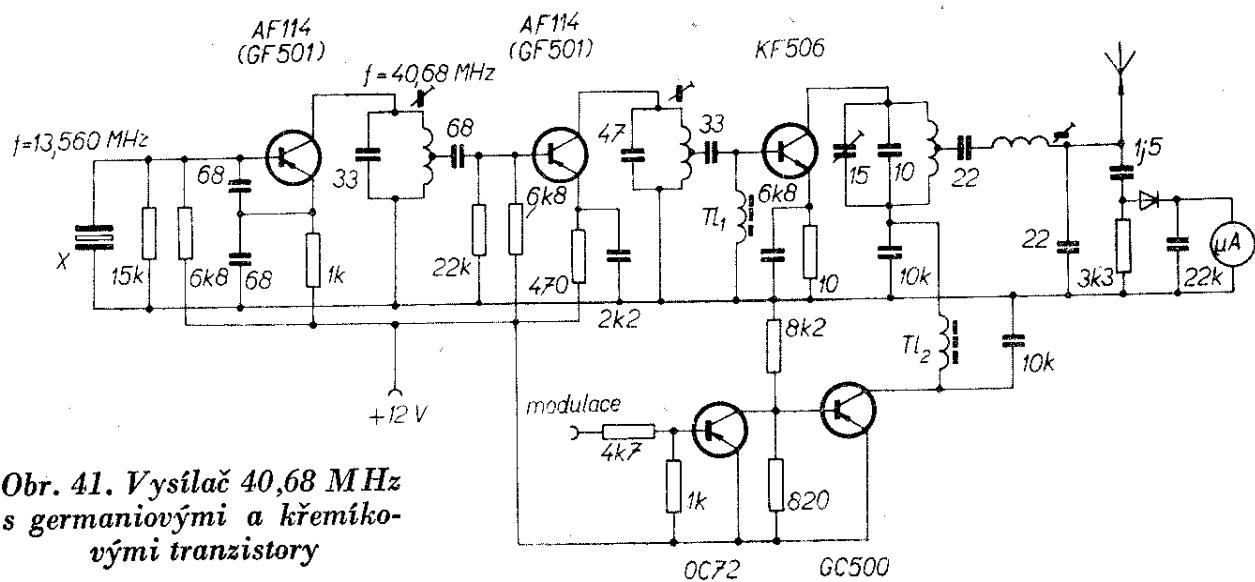
C_{11} TK424, 1,5 nF
 C_{12} TK424, 1 nF
 C_{13} TC181, 68 nF
 C_{14} TC963, 50 μ F

Ostatní součástky
krystal 27,12 MHz, 1 ks
kostříčky pro vf obvody 2PA26071, 4 ks
doladovací jádra WA43658, 4 ks

Údaje cívek jsou stejné jako u vysílače 27,12 MHz s modulací do budicího stupně.

Vysílač pro pásmo 40,68 MHz s germaniovými tranzistory

Konstrukce tohoto vysílače je určena především pro ty, kteří mají doma staré zásoby součástek. Zapojení je podobné dosud popsaným typům vysílačů. Postup při montáži i oživování je též stejný. Pouze je nutné dávat větší pozor na polaritu jednotlivých tranzistorů a při oživování pečlivě kontrolovat proud a teplo-



Obr. 41. Vysílač 40,68 MHz s germaniovými a křemíkovými tranzistory

tu germaniových tranzistorů. Tranzistor budicího stupně by měl mít chladič. Vysílač (obr. 41) je navržen tak, aby mohl pracovat i při značně vysoké teplotě. Dojde-li však k rozladění některého stupně (zvětšuje se I_C příslušného tranzistoru), může dojít i ke zničení tranzistoru. Toto platí především pro stupně osazené germaniovými tranzistory. Proto je velmi dobré věnovat zvláštní péči naladění vysílače.

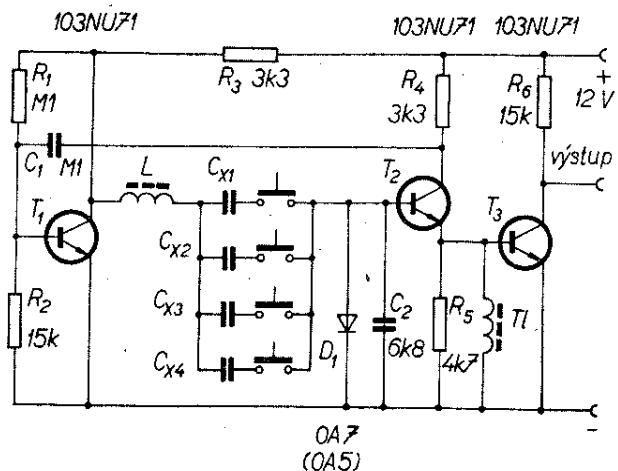
Modulátory pro vysílače

V konstrukci jsou navrženy dvě varianty modulátoru. Tím chceme umožnit zájemcům větší výběr. Pro zájemce, kteří nemají velké zkušenosti s amatérskou stavbou podobných zařízení, je určen jednodušší modulátor se čtyřmi povelovými kmitočty. Pro vyspělejší amatéry je určena druhá varianta, která umožňuje používat simultánně dva povely, přičemž celkový počet povelů je osm. Obě konstrukce jsou voleny tak, že je možné oba modulátory vzájemně zaměnit. Ten, kdo postaví nejprve jednodušší modulátor a po zvládnutí techniky řízení se čtyřmi povely bude chtít svůj vysílač rozšířit o další povely, může pouze vyměnit jednoduchý modulátor za složitější typ.

Modulátor pro čtyři povely

Popis činnosti

Zdrojem nf kmitočtů je generátor s tranzistory T_1 a T_2 (obr. 42). Je to v podstatě multivibrátor, jehož kmitočet je určen sériovým rezonančním obvodem. Zátěž sériového rezonančního obvodu tvoří dioda přechodu báze – emitor tranzistoru T_2 . Tranzistor T_2 pracuje ve třídě B a otvírá se tedy kladnými půlvlnami střídavého napětí – je zátěží pro sériový rezonanční obvod pouze v době, kdy je otevřen. V druhé půlperiodě by tedy byl článek LC odlehčen. Aby se zamezilo vzniku základního kmitání, je paralelně k přechodu báze – emitor tranzistoru T_2 zapojena germaniová dioda D_1 . Dioda je půlována



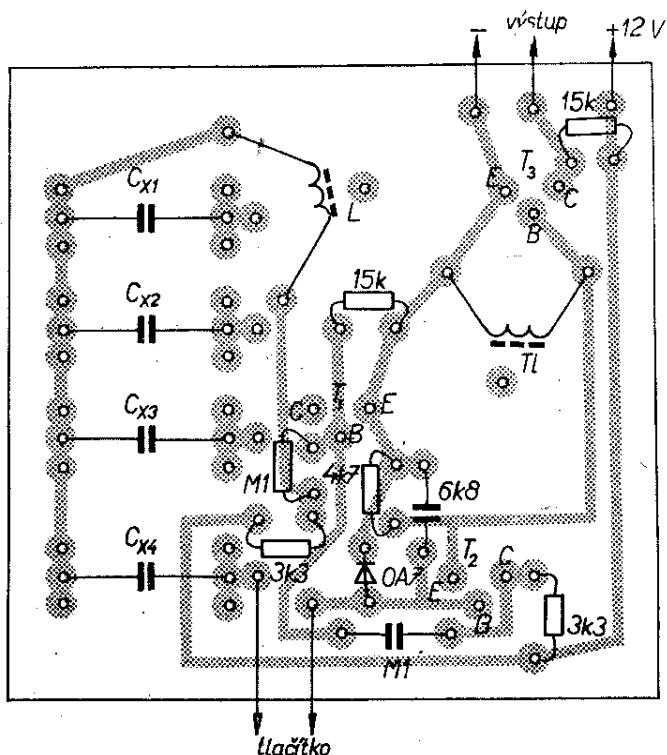
Obr. 42. Schéma modulátoru se čtyřmi tónovými obvody

v nepropustném směru a v době uzavření tranzistoru T_2 zatěžuje článek LC . Kladná zpětná vazba je zavedena z kolektoru T_2 do báze T_1 přes kondenzátor C_1 ($0,1 \mu F$). Protože tranzistor T_2 pracuje v třídě B a je silně přebuzen, je výstupní napětí obdélníkové. Výstupní napětí se odebírá z neblokovaného emitorového odporu T_2 . Stabilita kmitočtu oscilátoru modulátoru je velmi dobrá. Při zmenšení napájecího napětí na polovinu je stabilita kmitočtu $\gamma = 6 \cdot 10^{-3}$. Je-li laděný obvod dobře tepelně kompenzován, je stabilita kmitočtu v rozsahu teplot -10 až $+40^\circ C$ až $\gamma = 7,5 \cdot 10^{-3}$. K zamezení vlivu zátěže je generátor oddělen od spínacích stupňů modulátoru stupněm s tranzistorem T_3 . Báze tranzistoru T_3 je stejnosměrně zkratována na zem (tlumivka má stejnosměrný odpor asi 40Ω). Pro střídavý signál představuje tlumivka velký odpor a tak mohou kladné půlvlny (pulsy) otvírat tranzistor T_3 . Z kolektoru T_3 je možno odebrat pravoúhlé pulsy s velkou amplitudou pro spínací stupně modulátoru.

Rozmístění součástek a plošné spoje modulátoru jsou na obr. 43.

Nastavení modulátoru

Nejlépe nastavíme žádané kmitočty oscilátoru měřičem kmitočtu. Tuto možnost má však jen velmi málo amatérů. Pro nastavení žádaných kmitočtů oscilátoru použijeme proto osvědčené metody:



Obr. 43. Rozmístění součástek a plošné spoje modulátoru (Smaragd D48)

nejlépe cejchovaný nf generátor a osciloskop. Výstup oscilátoru – kolektor T_3 – připojíme na vertikální zesilovač osciloskopu. Na horizontální zesilovač připojíme výstup z nf generátoru. Na nf generátoru nastavíme žádaný kmitočet. Změnou kapacity kondenzátoru C_x nastavujeme kmitočet oscilátoru tak dlouho, až kmitočet oscilátoru souhlasí s kmitočtem nf generátoru. Obrazce na obrazovce osciloskopu mají s Lissajousovými obrazci společné pouze jméno, nikoli však tvar. Souhlasí-li oba kmitočty, vznikne jakýsi „hranatý kruh“. Máte-li nf generátor, jenž má výstup pravoúhlého nf napětí, pak přivedením tohoto napětí

na osciloskop vznikne na obrazovce osciloskopu čtvercový nebo obdélníkový obrazec (souhlasí-li oba kmitočty).

Je možné použít i ryze amatérské metody – např. dvě sluchátka. Jedno se připojí na výstup nf generátoru a druhé přes oddělovací kondenzátor 10 až 47 nF na kolektor T_3 . Sladujeme na nulový zázněj. Povolená nepřesnost nastavení je asi ± 30 Hz.

Při napájecím napětí 12 V je odběr proudu při vypnutém oscilátoru asi 2,2 mA, při zapnutém oscilátoru 6 mA.

V následující tabulce jsou doporučené kmitočty jednotlivých povelů s ohledem na použití superhetu. Navržený superhet má šířku mezifrekvenčního zesilovače 9 kHz.

Kanál	Kmitočet [Hz]	C_x [pF]
1	2 350	10 nF
2	3 000	8,2 nF
3	3 670	5,6 nF
4	4 300	1,2 + 2,7 nF

Seznam součástek

Tranzistory

3 × 103NU71

Diody

1 × GA203 (OA5)

Odpory

R_1 0,1 M Ω

R_2, R_6 15 k Ω

Data cívek

Označení	Počet závitů	Způsob vinutí	Indukčnost [mH]	Drát CuL \varnothing [mm]	Poznámka
L	1 100	válcově do kostry AA60062	330	0,112	ferit \varnothing 18 × 14 mm typ 4k0930-041-H10
Tl	850		190	0,112	

R_3, R_4 3,3 k Ω

R_5 4,7 k Ω

Všechny odpory jsou miniaturní, typ TR112a.

Kondenzátory

C_1 TK751, 0,1 μ F

C_2 TK424, 6,8 nF

C_{X_1} TC281, 10 nF (1. kanál)

C_{X_2} TC281, 8,2 nF (2. kanál)

C_{X_3} TC281, 5,6 nF (3. kanál)

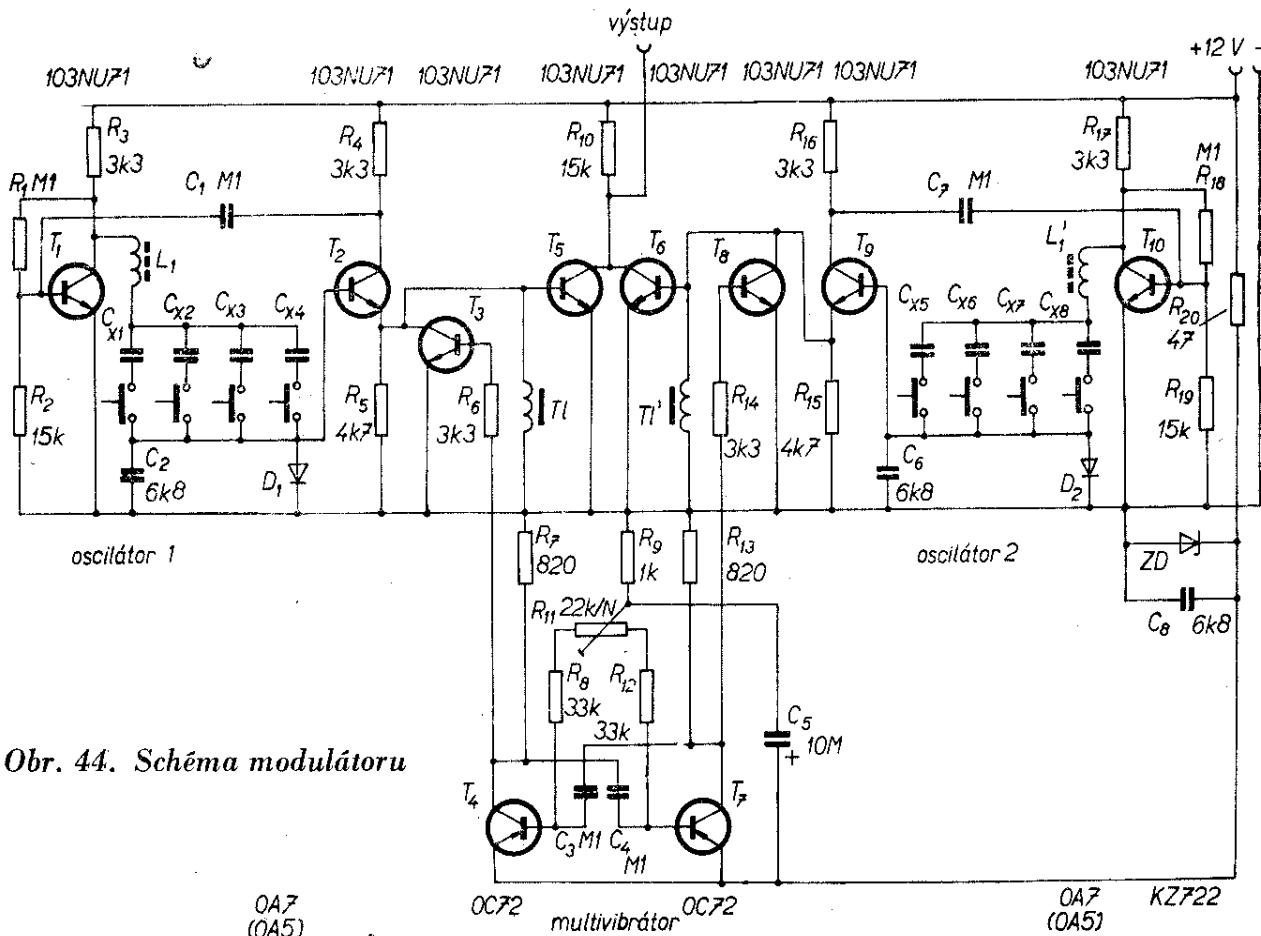
C_{X_4} TC281, 1,2 nF + 2,7 nF (4. kanál)

Modulátor pro osm povelových kmitočtů a simultánní provoz

Tvar průběhu modulačního kmitočtu je opět obdélníkový. Hloubka modulace je 100 %. Protože byl stanoven požadavek současného vysílání dvou povelů, byl zvolen přerušovaný způsob modulace, aby nedocházelo ke směšování obou signálů. Při vysílání pouze jednoho kmitočtu se tím však zmenšuje činitel „plnění“ vf signálu a také dosah soupravy. Jako zdroje doporučených kmitočtů slouží dva oscilátory (shodného zapojení jako v předešlém případě, obr. 44).

Dva současně vysílané povelové signály se střídají pomocí multivibrátoru s tranzistory T_4 a T_7 . Kmitočet střídy je asi 300 Hz. Multivibrátor ovládá činnost dvou spínacích tranzistorů T_3 a T_8 . Je-li T_7 otevřen, připojí bázi T_8 přes R_{14} na kladné napětí – tím se T_8 otevře. Otevřený tranzistor T_8 zkratuje výstup jednoho oscilátoru (T_9). V témže okamžiku je T_4 uzavřen. Tím je báze T_3 připojena přes R_6 na záporné napětí a T_3 je též uzavřen. Výstup druhého oscilátoru (T_1 , T_2) není zkratován a vznikající povelový signál spíná přes T_5 spínací stupně modulátoru. V tom okamžiku (asi 3,3 ms) je vysílač modulován kmitočtem oscilátoru T_1 , T_2 . Po překlopení multivibrátoru (T_4 , T_7) do druhé pracovní polohy si vymění tranzistory funkce a vysílač je modulován kmitočtem oscilátoru s tranzistory T_9 , T_{10} .

Oddělovací stupně s tranzistory T_5 , T_6 mají společný pracovní odpor R_{10} . Napájecí napětí modulátoru je stabilizováno Zenerovou diodou KZ722.

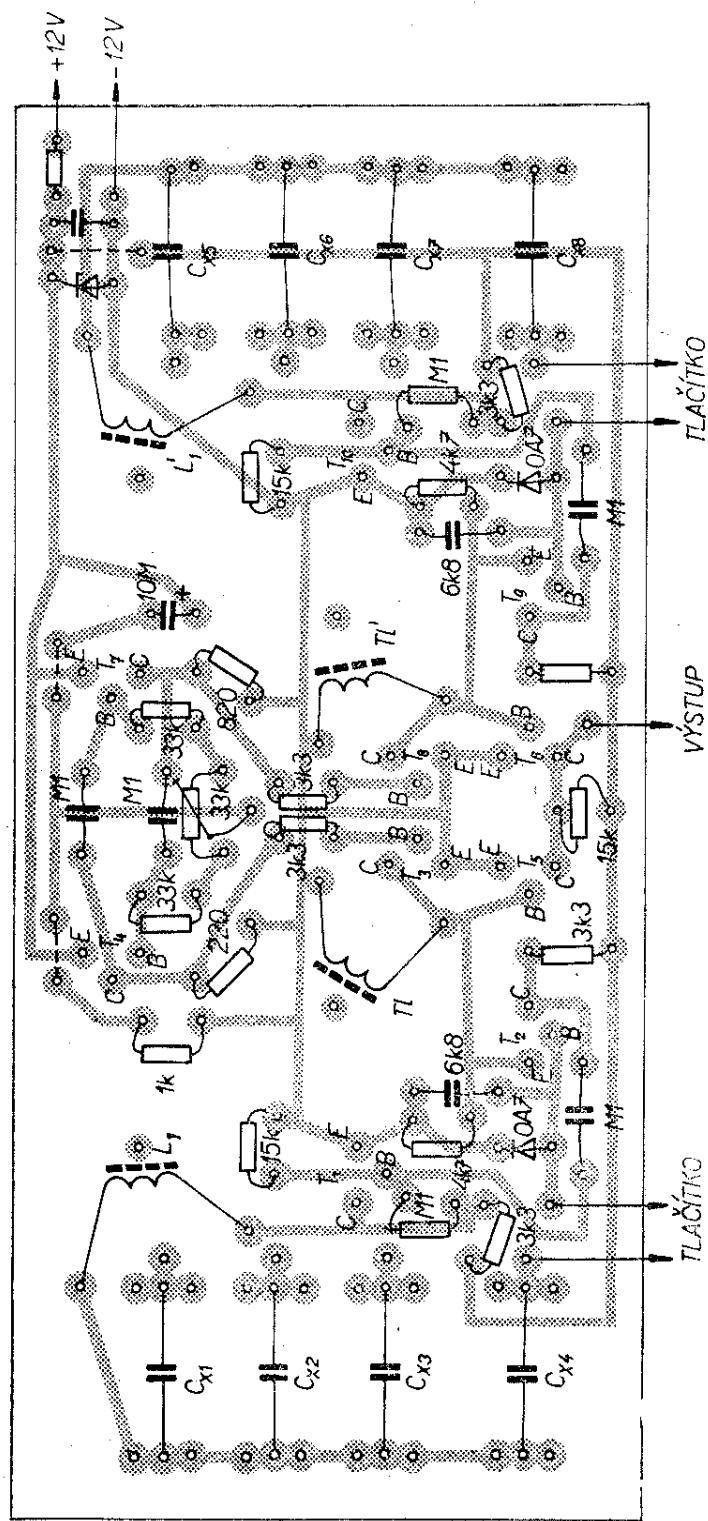


Obr. 44. Schéma modulátoru

Nastavení modulátoru

Oscilátory jsou osazeny jakýmkoli tranzistory typu n-p-n (např. 103NU71) se zesilovacím činitelem větším než 60 a malým zbytkovým proudem (asi 6 až 7 μ A). Tranzistory T_5 a T_6 musí mít zesilovací činitel větší než 100 a co nejmenší zbytkový proud (asi 4 μ A).

Obvody nastavíme na jednotlivé požadované kmitočty stejným způsobem jako u dříve popsaného modulátoru. Nakonec zbývá nastavit stejné intervaly přepínacího multivibrátoru T_4 , T_7 . Stejnou velikost intervalů nastavíme pomocí osciloskopu odporovým trimrem 22 k Ω . Doporučujeme nastavovat kmitočty oscilátorů při pokojové teplotě (asi 22 °C).



Obr. 45. Rozmístění součástek a plošné spoje modulátoru se simultáním provozem (Smaragd D49)

Označení	Počet závitů	Způsob vnitřní	Indukčnost	Drát CuL ∅ [mm]	Poznámka
L_1, L_1^*	1 100	válcově do kostříčky AA 60062	330 mH	0,112	feritový hrnčíček $\varnothing 18 \times 14$ mm, typ 4k0930-041-H10
T_1, T_1^*	850				

Rozložení součástek a plošné spoje modulátoru jsou na obr. 45. Doporučené kmitočty (s ohledem na superhet: šířka mf zesilovače je $\pm 4,5$ kHz):

Kanál	Kmitočet [Hz]	Kondenzátory C_x	Typ
K1	2 350	10 nF	
K2	3 000	8,2 nF	TC281
K3	3 670	5,6 nF	
K4	4 300	2,7 nF + 1,2 nF	
K5	1 110	33 nF + 10 nF + + 3,9 nF	
K6	1 700	33 nF	TC181 (TC281)
K7	800	33 nF + 15 nF + + 4,7 nF	
K8	5 700	2,2 nF	TC281

C_{x_3} TC281, 5,6 nF (3. kanál)
 C_{x_4} TC281, 2,7 nF + 1,2 nF (4. kanál)
 C_{x_5} TC281, 3,9 nF + 33 nF, TC181 (5. kanál)
 C_{x_6} TC181, 33 nF (6. kanál)
 C_{x_7} TC181, 33 nF + 15 nF + 4,7 nF, TC281 (7. kanál)
 C_{x_8} TC281, 2,2 nF (8. kanál)

Tabulka odběru proudu (napájecí napětí 12 V)

Název části	Odběr proudu [mA]	Poznámka
nf oscilátor 1	vypnut 2,2 zapnut 6	
nf oscilátor 2	vypnut 2,2 zapnut 6	
multivibrátor	25	
modulátor (celková spotřeba)	45	včetně Zenerovy diody a obou nf oscilátorů

Seznam součástek

Tranzistory
 8 × 103NU71
 2 × OC72

Diody
 1 × KZ722
 2 × OA7 (GA203)

Odpory
 R_1, R_{18} 0,1 M Ω
 R_2, R_{10}, R_{19} 15 k Ω
 $R_6, R_7, R_8, R_{14}, R_{16}, R_{17}$ 3,3 k Ω
 R_5, R_{15} 4,7 k Ω
 R_9, R_{13} 820 Ω
 R_8, R_{12} 33 k Ω
 R_9 1 k Ω
 R_{11} 22 k Ω (TP035)
 R_{20} 47 Ω
 Všechny odpory jsou miniaturní, typ TR112a.

Kondenzátory
 C_1, C_3, C_4 TK751, 0,1 μ F
 C_2, C_6, C_7, C_8 TK424 (TK751), 6,8 nF
 Přibližné kapacity ladících kondenzátorů pro modulátor s osmi povely:
 C_{x_1} TC281, 10 nF (1. kanál)
 C_{x_2} TC281, 8,2 nF (2. kanál)

Soupravy dálkového ovládání z hlediska platných předpisů

Podle zákona o telekomunikacích č. 110/1964 Sb. lze od 1. 7. 1964 přiznat a provozovat vysílací radiové stanice k dálkovému ovládání nejen pouze na základě povolení (jak tomu bylo dříve), ale za určitých podmínek i bez povolení. Nový zákon totiž stanoví, že není třeba povolení ke zřízení a provozování radiových zařízení s velmi malým výkonem, používaných např. k dálkovému ovládání. Ústřední správa spojů k tomu prováděcí vyhláškou č. 111/1964 Sb. stanovila, že velmi malým výkonem se rozumí výkon maximálně 0,1 W. Vysílací zařízení, jejichž vyzářený výkon není větší než uvedená mez, lze podle citované vyhlášky zřídit a provozovat bez povolení s podmírkou, že je jejich provozovatel přihlásí k evidenci a že bude dodržovat

stanovený kmitočet, výkon a druh vysílání. Zařízení s výkonem menším než 0,1 W nevyžadují ovšem povolení jen v případě, když je o sériově vyrobené stanici podle prototypu předem schváleného nebo dodatečně uznaného Správou radiokomunikací Praha. Tato zařízení musí být rovněž přihlášena k evidenci a provozovatel na nich nesmí provádět žádné změny. Na ostatní stanice s výkonem větším než 0,1 W, pokud byly zhotoveny individuálně (amatérsky) nebo sériově, avšak nikoli podle schváleného či uznaného prototypu, je třeba povolení jako dříve. Stanice dálkového ovládání se přihlašují k evidenci u orgánů Správy radiokomunikací, jimiž jsou odbočky Inspektorátu radiokomunikací v jednotlivých krajích (evidence místní). Pokud je na stanici o výkonu nad 0,1 W třeba povolení, vyřizují tyto orgány také žádosti o povolení (povolující místa).

Přihlášky k evidenci se zasílají na zvláštních trojdílných tiskopisech evidujícímu místu v kraji, v němž se bude zařízení převážně používat. Provozovatel vyplní průpisem všechny tři díly tiskopisu, dva z nich zašle doporučeně příslušné odbocce Inspektorátu radiokomunikací a třetí si ponechá jako dočasné potvrzení o splnění ohlašovací povinnosti. Evidující místo mu obratem vrátí druhý potvrzený díl tiskopisu (potvrzení o evidenci) jako trvalý doklad. Na sériově vyrobená zařízení, která se prodávají ve vybraných prodejnách, vyplňuje evidenční tiskopis prodejna, která sama zašle první a druhý díl příslušnému evidujícímu místu a třetí díl předá kupujícímu jako dočasné potvrzení. Potvrzení o evidenci jsou nepřenosná. Převede-li provozovatel své zařízení na někoho jiného, musí vrátit své potvrzení tomu evidujícímu místu, které mu je vydalo a současně zaslat evidenční přihlášku vlastnoručně podepsanou novým provozovatelem. Tiskopisy přihlášky k evidenci mají k dispozici všechna evidující místa.

Je-li třeba povolení na vysílání zařízení dálkového ovládání s výkonem nad 0,1 W, uvede se v žádosti o povolení jméno a přesná adresa žadatele, technický popis a počet požadovaných zařízení,

jejich zapojení, požadovaný kmitočet, výkon, účel a způsob použití.

Přihlášky k evidenci (popř. žádost o povolení stanice dálkového ovládání) mohou podat jen osoby starší patnácti let, které mají občanský průkaz. Za osoby mladší však mohou podat přihlášku (žádost) rodiče nebo jejich zákonné zástupci.

Držitel stanice dálkového ovládání, který nebude mít ani potvrzení o její evidenci, ani platné povolení k jejímu zřízení a provozování, si musí vyžádat tzv. povolení k přechovávání, které uděluje podle zákona na všechny druhy stanic ministerstvo vnitra nebo orgán jím pověřený. Z pověření ministerstva vnitra mají od 1. 1. 1966 udělovat povolení k přechovávání stanic dálkového ovládání rovněž výše uvedená evidující a povolující místa.

Evidované a povolované stanice dálkového ovládání mohou pracovat na těchto kmitočtech:

27,12 MHz – s podmínkou, že žádná energie nesmí být vyzařována vně pásmu rozloženého na $\pm 0,6\%$ od stanoveného kmitočtu;

40,68 MHz – s přípustnou tolerancí $\pm 0,1\%$ a s podmínkou, že žádná energie nesmí být vyzařována vně pásmu rozloženého na $\pm 0,2\%$ od stanoveného kmitočtu;

132,25 MHz – s přípustnou tolerancí $\pm 0,1\%$ a s podmínkou, že žádná energie nesmí být vyzařována vně pásmu 132,0 až 132,5 MHz.

Na uvedených kmitočtech se připouští zpravidla největší výkon 1 W. Ve všech případech je povoleno též modulování kmitočty do 30 000 Hz. Není-li vysílač řízen krystalem, má se vyzařování kontrolovat vlnoměrem.

Pokud jde o dosud nejužívanější kmitočtové pásmo (27,12 MHz $\pm 0,6\%$) je třeba si připomenout, že ve dvou úsecích tohoto pásmá (26,96 až 27,08 MHz a 27,16 až 27,28 MHz) pracují občanské radiostanice. Střed pásmá, tzn. 27,09 až 27,15 MHz, je vyhrazen pro dálkové ovládání. Je však nutno si uvědomit, že nikde není možno spolehlivě vyloučit

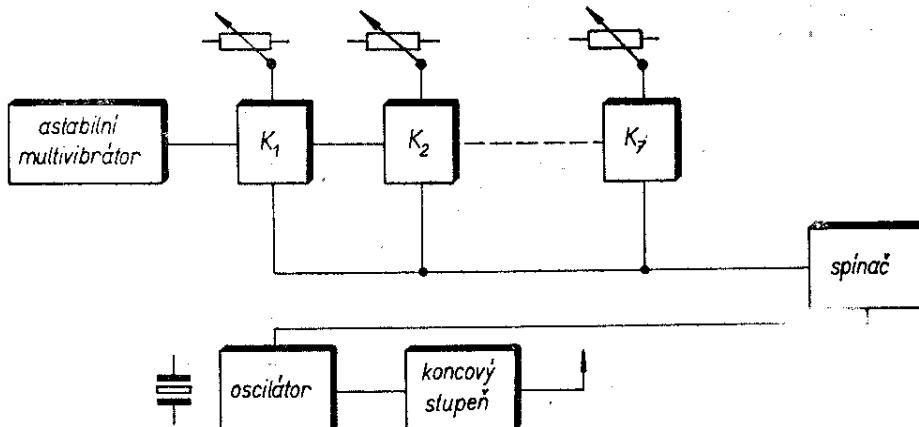


rušení souprav dálkového ovládání různými průmyslovými, vědeckými a lékařskými výrobky přístroji a zařízeními, po něž je celé toto pásmo (27,12 MHz $\pm 0,6\%$) především určeno. Radiokomunikační rád (Ženeva 1959) výslovně stanoví, že radiokomunikační služby, jež chtějí v tomto pásmu pracovat musí počítat se škod-

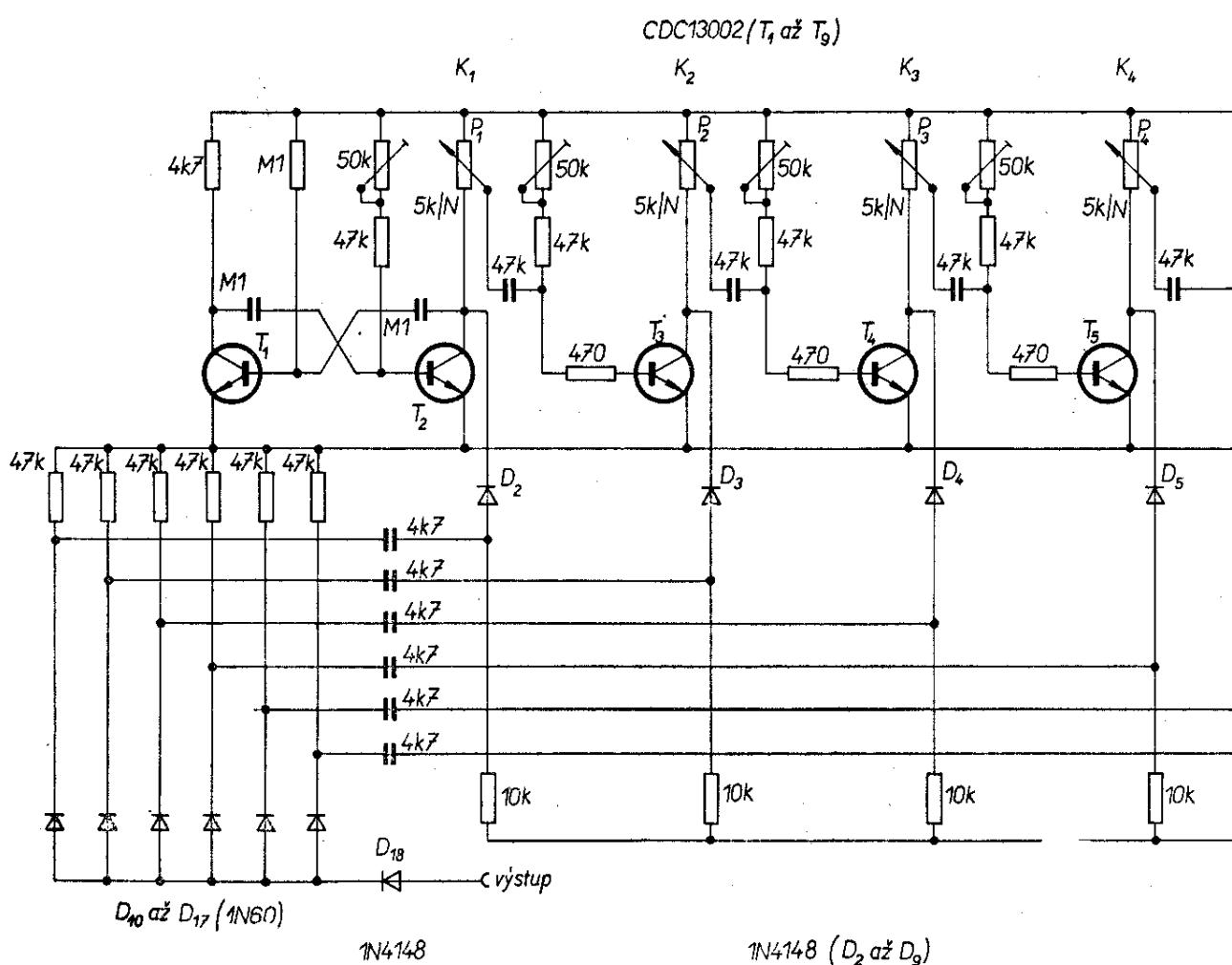
livým rušením, jež by mohla působit zařízení používaná k průmyslovým, vědeckým a lékařským účelům.

Evidujícími a povolujícími místy (inspektoráty radiokomunikací) jsou pro kraj

Středočeský a hlavní město Praha – Praha 2 – Vinohrady, Rumunská 12

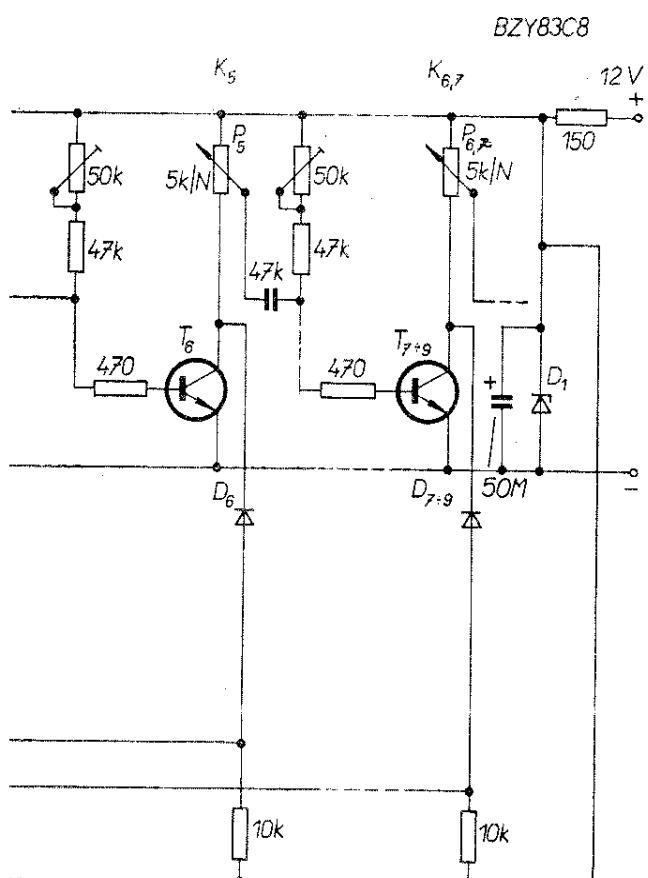


Obr. 46. Blokové schéma vysílače Teleprop



Jihočeský – České Budějovice, nám. 1.
máje 5
Západoceský – Plzeň, Purkyňova 13
Severočeský – Ústí n/Labem, Brněnská 10
Východočeský – Hradec Králové, Mýtská 235
Jihomoravský – Brno, Beethovenova 4
Severomoravský – Ostrava 1, Revoluční 22
Západoslovenský – Bratislava, Drevná 8
Středoslovenský – Banská Bystrica,
Obráncov mieru 2
Východoslovenský – Košice, Rooseveltova 2

Pro obsluhu stanic dálkového ovládání se podle nových předpisů nevyžaduje vysvědčení o zvláštní zkoušce a za potvrzení o evidenci ani za povolení ke zřízení a provozování stanic dálkového ovládání se neplatí žádné poplatky.



Obr. 47. Kódovací část vysílače

Příklady konstrukce souprav dálkového ovládání

Mnoho zahraničních výrobců dodává na trh stavebnice RC souprav. Abychom umožnili čtenářům hlubší poznání továrních zapojení, probereme podrobněji několik typických souprav.

Souprava Teleprop

Vysílač

Princip funkce je patrný z obr. 46. Vysílač může obsluhovat sedm servomechanismů. Rozsahem tedy plně odpovídá zařízení Grundig Tx 14 nebo Simprop Digi 7. Kódovací část (obr. 47) pracuje podle známého a v mnoha alternativách používaného principu. Multivibrátor s tranzistory T_1, T_2 vyrábí pravoúhlé pulsy. Kmitočet multivibrátoru se dá jemně nastavit odporovým trimrem $50\text{ k}\Omega$ v bázi T_2 . Záporná derivace přední hrany pravoúhlého impulsu multivibrátoru spouští počítací řetězec a počítací články T_3 až T_9 dodávající pulsy proměnné šířky podle polohy běžce řídicích potenciometrů P_1 až P_7 . K přesnému nastavení základní šířky impulsu (běžec potenciometru ve středu – neutrální poloha ovládacího kniplu) slouží odporový trimr $50\text{ k}\Omega$ vždy v bázi příslušného počítacího článku T_3 až T_9 . Vyroběné pulsy jsou derivovány a jejich část se odrezává. Oddělené pulsy se dále shromažďují na společném vedení, zesilují spínacím tranzistorem T_{11} a formují se. Tranzistor T_{11} vypíná oscilátor T_{10} a tím pulsy modulující signál (obr. 48).

Vlastní zapojení kódovací části obsahuje detaily, které mají určité přednosti proti jiným variantám kodérů. Předchozí typ (souprava Teleprop) měl již kruhový čítač (asi první svého druhu). Při vývoji tohoto typu soupravy se proto vycházelo již ze zkušeností s ním dosažených. Je-li však čítač tak jednoduchý, jak je vidět ze zapojení, potom lze očekávat různá překvapení. Proto bylo toto jednoduché zapojení označeno mnoha

autory za nespolehlivé. Z toho důvodu byl navržený kruhový čítač proměřen na laboratorním elektronickém počítači a bylo dosaženo těchto výsledků: pro změny napájecího napětí 10 až 15 V je změna časových hodnot menší než 0,1 %. Tento výsledek je desetkrát lepší, než je největší rozlišovací schopnost servomechanismu. Z toho je vidět, že i jednoduché obvody mohou být přesné a spolehlivé. Potřebují ovšem pečlivější montáž a nastavení. Dobrá činnost zapojení závisí na několika předpokladech:

1. Napájecí napětí pro logický díl je stabilizováno Zenerovou diodou.

2. Napohled poněkud nákladné odebírání signálních pulsů (z jednotlivých kollektorů) přes oddělovací obvody má své opodstatnění. Tímto způsobem se dosáhne dokonalého oddělení jednotlivých kanálů a proto je vzájemné zpětné působení kanálů odstraněno.

3. Všechny řídicí a doladovací potenciometry mají malý odpor, tzn. mají tlustší odporovou vrstvu a tím jsou odolnější proti otírání. Také jejich teplotní součinitel je podstatně menší než u potenciometru s velkým odporem dráhy.

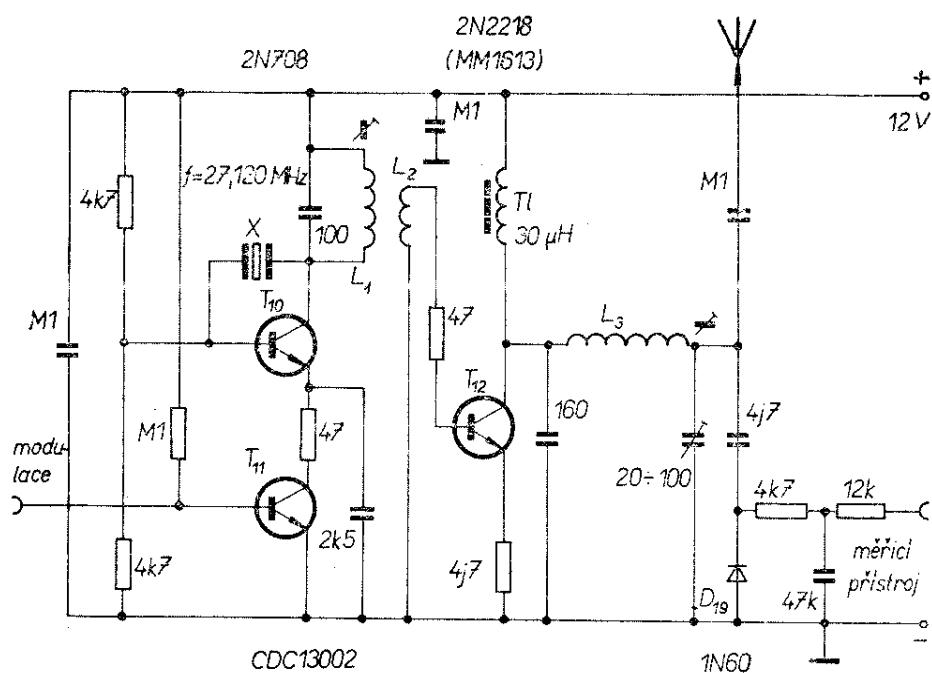
4. K odstranění rušivých pulsů, které se v jednoduchých čítačích mohou vytvořit za čtvrtým stupněm, jsou v bázích tranzistorů T_3 až T_9 předřadné odpory 470 Ω . Tím jsou rušivé pulsy tlumeny, aniž by byl použit dodatečný blokovací

kondenzátor, který je jednak drahý a jednak může vytvářet nežádoucí zaoblení hrany impulsu.

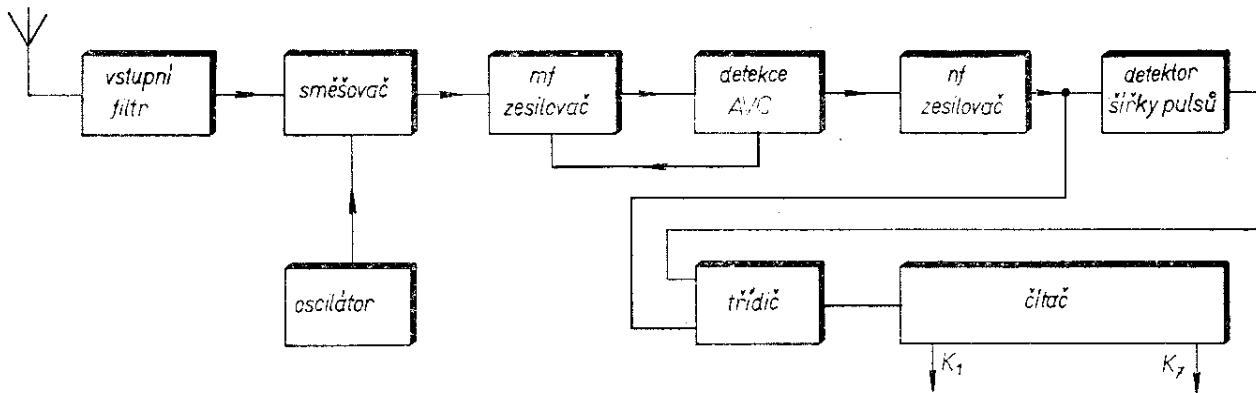
Vysokofrekvenční část (obr. 48) je postavena rovněž co nejjednodušejí. Spínací tranzistor T_{11} v emitorovém obvodu oscilátoru T_{10} vypíná oscilátor v době oddělovacích mezer mezi jednotlivými pulsy. Blokovací kondenzátor 2,5 nF působí jako Müllerův integrátor, který zaobluje náběžné hrany pulsů – signál vysílače má malou šířku pásma. Anténa se elektricky prodlužuje cívkou. K přizpůsobení záteže ke koncovému stupni slouží článek Π . Anténa se elektricky prodlužuje proto, aby byl dosažen lepší poměr vyzařovacího odporu ke zlátovému (uzemňovacímu) odporu. Výkon vysokofrekvenčního dílu na přizpůsobené činné záteži je asi 650 mW. Účinnost antény je asi 30 %. Dosažená síla pole je srovnatelná nebo částečně i vyšší než u jiných souprav.

Při stavbě jsou použity hotové montované a předem nastavené ovládací agregáty s řídicí pákou. Obvody se dolaďují („trimují“) zvláštními potenciometry. Ovládací potenciometry P_1 až P_7 jsou keramické a jsou maximálně spolehlivé.

Vysílač se dodává ve formě kompletní stavebnice, v níž jsou všechny mechanické i elektrické prvky, pouzdro, hotové smontované a nastavené ovládací agregáty, deska s plošnými spoji, anténa a



Obr. 48. Vf část vysílače Teleprop



Obr. 49. Blokové schéma přijímače Teleprop

měřicí přístroj. Ke stavebnici je dodáván i stavební popis a přesný stavební plán. Stavebnice je vybavena tak, že si zařízení může postavit i úplný laik.

Přijímač Teleprop

Podobně jako vysílač může být i přijímač digitálního zařízení postaven velmi jednoduše. Je však nutné zvolit neoptimálnější řešení. Pro poměrně úzkopásmový signál postačí jednoduchý mezfrekvenční zesilovač, kde se všechny stupně ladí na maximum. Vysokofrekvenční předzesilovač je zbytečný, použijeme-li na směšovacím stupni kvalitní vysokofrekvenční tranzistor, který má velkou směšovací strmost a malou zpětnovazební kapacitu. K dekódování lze použít buď čítač z bistabilních klopných obvodů a s diodovými hradly nebo čítač ze čtyřvrstvových diod.

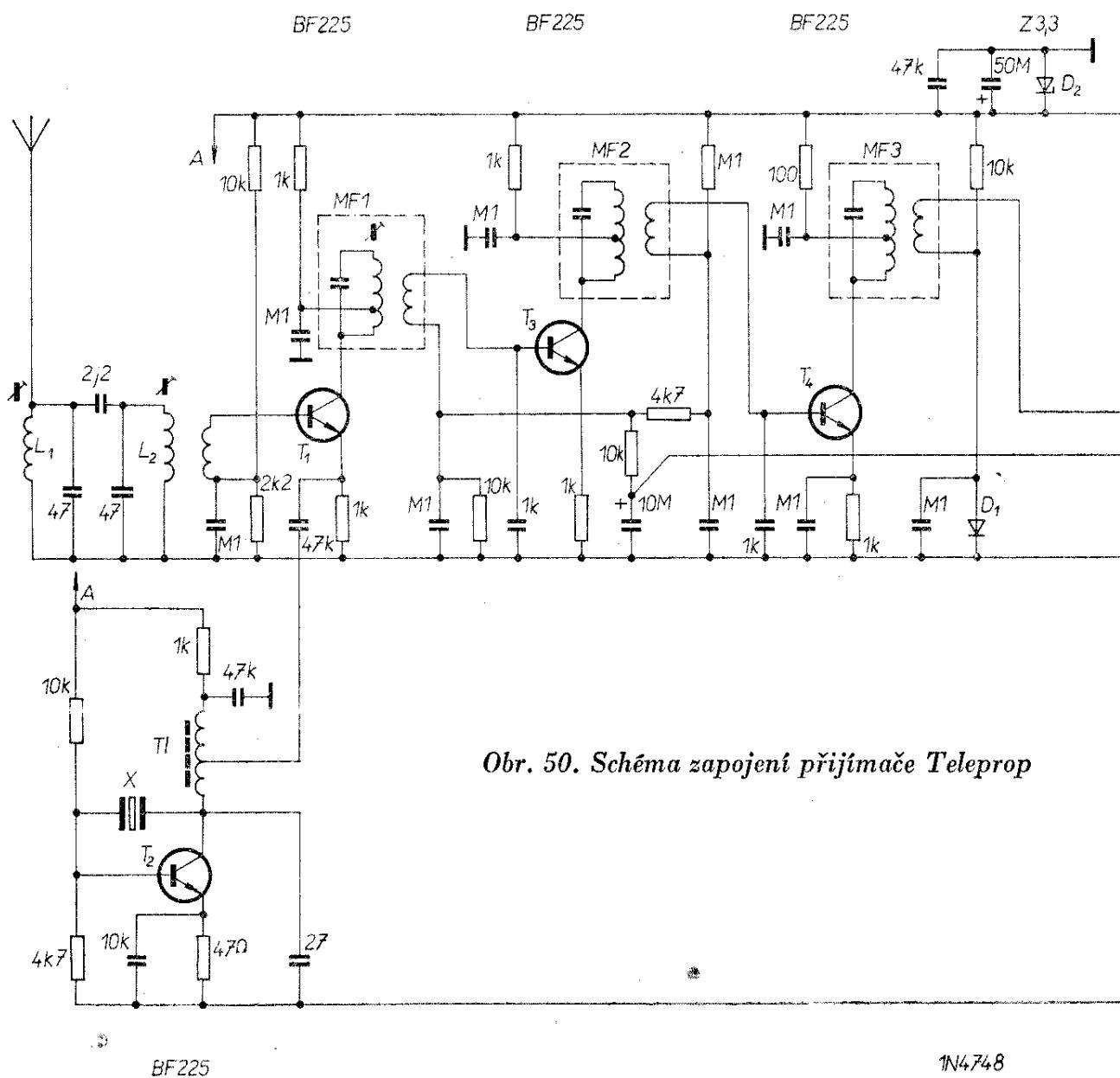
Podle blokového schématu (na obr. 49) nejdříve popíšeme funkci celého přijímače a potom vysvětlíme jednotlivé obvody. Vysokofrekvenční signál z antény přichází na rezonanční obvod a od třídu přímo na bázi směšovacího tranzistoru. Spolu se signálem z oscilátoru vytváří na směšovacím stupni napětí mezfrekvenčního kmitočtu. Kmitočet oscilátoru je řízen krystalem. Mezfrekvenční signál se zesiluje ve dvoustupňovém mezfrekvenčním zesilovači. Stupeň s tranzistorem T_5 detekuje vysokofrekvenční signál a vytváří regulační napětí pro AVC. Detekovaný signál se zesiluje a formuje. Dvěma cestami postupuje až na čítač se čtyřvrstvovými diodami. Jedna cesta vede přímo na čítač a druhá do obvodu pro „rozpoznání“ synchronizace –

do detektoru šířky impulsu. Synchronizační obvod nastavuje čítač se čtyřvrstvovými diodami vždy před začátkem skupiny pracovních pulsů do nulové polohy. Ve vysílaném signálu tvoří synchronizaci další oddělovací mezera mezi skupinami pracovních pulsů. Detektor šířky pulsů musí proto tuto synchronizační mezera „poznat“ a vynulovat čítač. Pracovní pulsy nabízejí kondenzátor v detektoru šířky impulsu na malé napětí; v synchronizační mezeře se kondenzátor nabije na mnohem větší napětí. Obvod detektoru šířky impulsu na toto zvětšené napětí reaguje a uvede se v činnost. Tím je připraven čítač pro přijmutí (roztríďení) další skupiny pracovních pulsů, které jsou do něj přiváděny přes tranzistor T_{11} . Z jednotlivých stupňů čítače odcházejí roztríďené pracovní pulsy pro servzesilovač. Tvar výstupních pracovních pulsů z čítače je přesně shodný s pulsy vyrobenými v kódovací části vysílače.

K vysvětlení činnosti jednotlivých celků přijímače se musíme podívat na schéma (obr. 50). Vysokofrekvenční signál z antény přichází přes dva vázané rezonanční obvody na bázi směšovacího tranzistoru. Takto zapojené rezonanční obvody se často označují jako pásmová propust (původně se toto zapojení používalo v amerických zařízeních). Toto označení však není zcela správné. Místo „pásmová propust“ měl by se obvod označovat spíše jako „jednoduché sériové zapojení dvou rezonančních obvodů“. Jeho vlastnosti jsou však tak dobré, že se jím dosáhne zrcadlové selektivity až 30 dB. Oscilátor je v obvyklém zapojení s krystalem, pracujícím v sériové rezonanci. Podle výsledků dosažených mě-

řením je to jedno z nejstabilnějších zařízení. Je zde však nutno použít vhodný krystal s velmi malým sériovým rezonančním odporem. To je důležité vědět k dosažení optimálních výsledků. Signál z oscilátoru se přivádí do emitoru směšovacího tranzistoru. Zapojení mezi-frekvenčního zesilovače je běžné. Všechny obvody se ladí na maximum. Pro mezi-frekvenční obvody lze podle zkušeností použít většinu typů miniaturních mezi-frekvenčních transformátorů, pokud pro mezifrekvenční zesilovače použijeme kvalitní tranzistory. Nejvhodnější typy jsou tranzistory BF225 firmy Texas Instruments, jejichž zpětnovazební kapacita je pouze 0,25 pF.

Vysokofrekvenční signál se detekuje ve stupni s tranzistorem T_5 . Z tohoto stupně se též odebírá regulační napětí pro AVC. Zapojení stupně vychází ze zapojení přijímače Kraft a používá se např. i v zařízení Simprop, Microprop, Micro-avionix aj. Je velmi jednoduché a přitom značně účinné. Regulační napětí se prakticky mění o celé kolektorové napětí tranzistoru T_5 . Je nanejvýš důležité, že regulace nasazuje velmi brzy. Pro digitální zařízení je podle výsledků měření nevhodnější, když regulace začne působit již tehdy, kdy signál nemá ještě takovou úroveň, aby vybudil dekodér (čítač). Tím se zamezí vzniku zákmítů, které by vedly k nežádoucímu chvění servo-



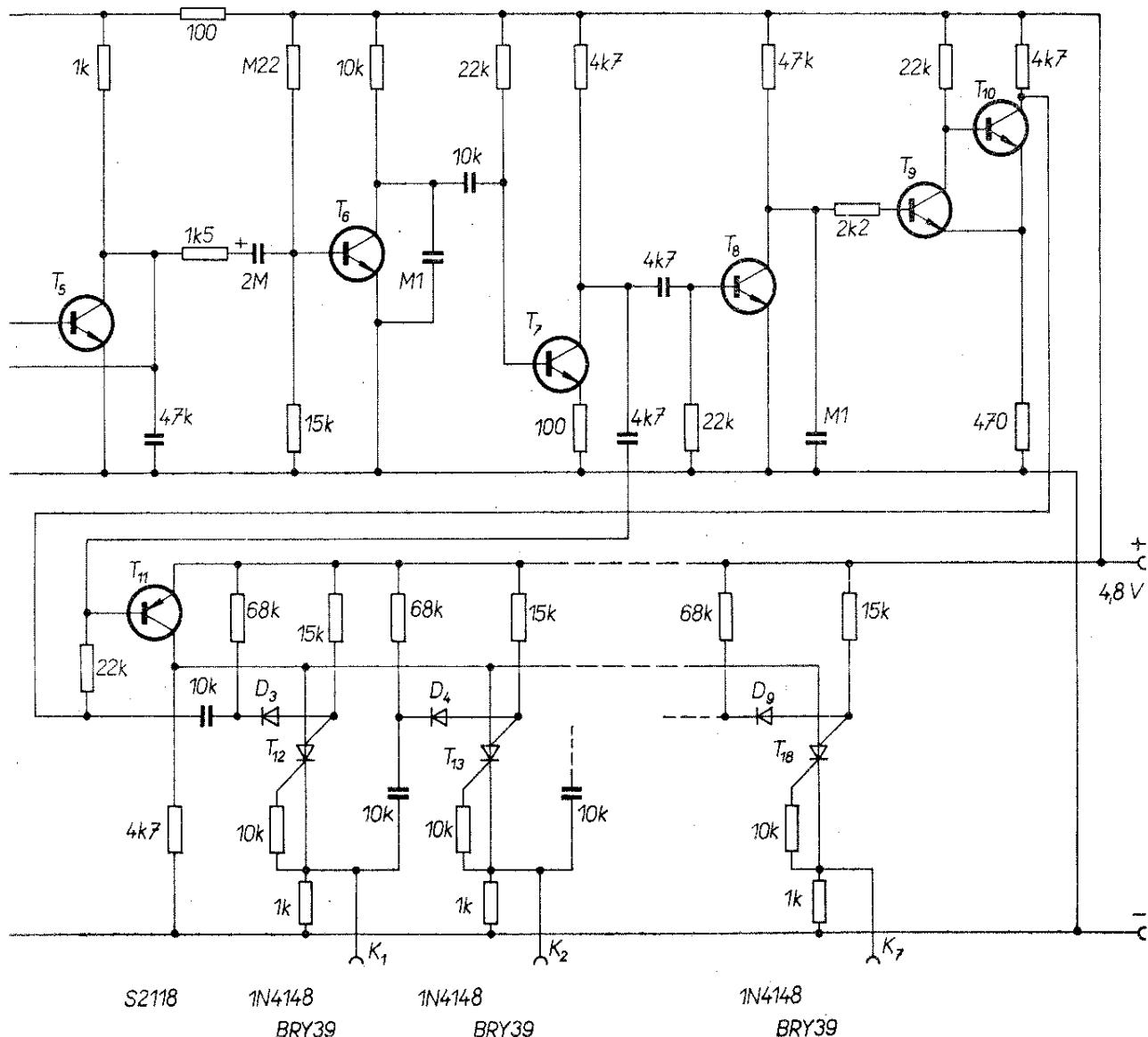
Obr. 50. Schéma zapojení přijímače Teleprop

mechanismů. Stupeň s tranzistory T_6 a T_7 zesiluje signál a formuje pulsy na konstantní výšku a šířku. Kondenzátor v obvodu kolektoru T_6 integruje signál a tím dostatečně potlačuje vzniklé šumové špičky a zákmity.

Diodové omezovače, Schmittovy obvody a jiné obvody, formující pulsy jsou funkčně mnohem horší (nebo přinejmenším stejně) než tento jednoduchý obvod. Důležité je poznamenat, že napájecí napětí pro vysokofrekvenční i mezifrekvenční díl a rovněž pro demodulační díl je stabilizováno Zenerovou diodou na 3,3 V. Tím je zaručena dobrá stabilita i při značně vybitých bateriích.

Stupeň s tranzistory T_8 , T_9 a T_{10} tvoří obvod pro „rozpoznání“ synchronizační mezery – je to tzv. detektor šířky impulsu. Kladný impuls (pracovní) přiváděný přes kondenzátor 4,7 nF na bázi tranzistoru T_8 tranzistor otevře. Začne se vybíjet kondenzátor 0,1 μ F v obvodu kolektoru tranzistoru T_8 . Kondenzátor se v krátkých mezerách mezi pracovními pulsy nabíjí přes odpor 47 k Ω . Protože mezery mezi pracovními pulsy jsou velmi krátké (asi 300 μ s), nemůže se kondenzátor nabít na dostatečné napětí. Úroveň napětí na kondenzátoru je stále nízká, neboť se kondenzátor pracovními pulsy vybíjí přes T_8 . V synchronizační mezerě, která následuje za skupinou pra-

6xCDC13002



covních pulsů, se však kondenzátor nabije na plné napájecí napětí.

Schmittův obvod s tranzistory T_9 a T_{10} je přes odpory $22\text{ k}\Omega$ a $47\text{ k}\Omega$ připojen na kladné napětí. Tranzistor T_9 je v klidu otevřen a tranzistor T_{10} zavřen. Příchodem kladného impulsu (pracovního) se tranzistor T_8 otevře, tím se zmenší kladné předpětí pro T_9 a Schmittův obvod se překlopí. V krátkých mezerách mezi pracovními pulsy se sice kladné předpětí pro T_9 zvětšuje, nedosáhne však takové velikosti, aby se Schmittův obvod překlopil zpět. Teprve při dlouhé synchronizační mezerě je kladné předpětí tak velké, že se Schmittův obvod překlopí do původního stavu. Výstupní impuls ze Schmittova obvodu se galvanickou vazbou dostává přímo na bázi spínacího tranzistoru T_{11} . V synchronizační mezerě má T_{11} přes odpory $4,7\text{ k}\Omega$ a $22\text{ k}\Omega$ kladné předpětí (T_{10} je otevřen) a zavře se. Během série pracovních pulsů má T_{11} záporné předpětí (přes odpor $22\text{ k}\Omega$) a tím je otevřen. Tranzistor T_{11} je řízen i přes kondenzátor $4,7\text{ nF}$ z obvodu kolektoru tranzistoru T_7 . Každý kladný impuls (pracovní) z tohoto obvodu zavře na krátký čas T_{11} .

Způsob činnosti čítače se čtyřvrstvovými diodami bude popsán pouze krátce. Přes tranzistor T_{11} dostává čítač kladné provozní napětí pro kolektory T_{12} až T_{18} . Záporný impuls z tranzistoru T_7 zapíná přes kondenzátor 10 nF a diodu D_3 první stupeň čítače. Tím vzniká na pracovním odporu T_{12} ($1\text{ k}\Omega$) kladné napětí (pokud vede T_{12}). Po příchodu druhého pracovního impulsu T_{12} ještě vede. Zavírá se však krátkodobým přerušením kladného napětí. Toto přerušení obstarává T_{11} . Kondenzátor 10 nF , připojený ke katodě T_{12} , se začne nabíjet přes $68\text{ k}\Omega$ a přivede tím skokem přes diodu D_4 záporné napětí na ovládací elektrodu T_{13} . Mezitím dozněl zhášecí impuls (přerušené kladné napájecí napětí), T_{13} se otevře. Tím se dostává kladný impuls (pracovní) na druhý servozesilovač. Tento průběh se postupně opakuje až k poslednímu čítačovému stupni stejným způsobem až do synchronizační mezery, která průběh ukončí a zavře všechny stupně čítače. Tím je čítač vynulován a připraven k roz-

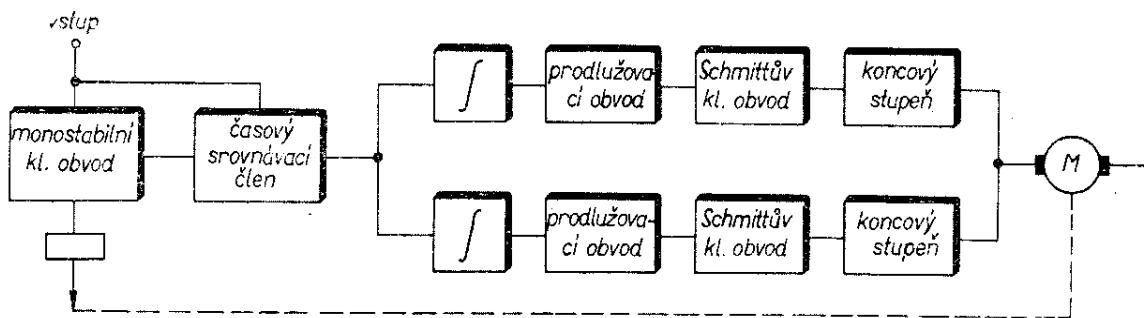
dělení další skupiny pracovních pulsů. Řídicí kondenzátor $4,7\text{ nF}$ spolu s odporem $100\text{ }\Omega$ („zhášecí článek“) u T_7 má podstatně kratší časovou konstantu než kondenzátory 10 nF a odpory $68\text{ k}\Omega$ („zapařovací články“).

Zapojení přijímače má jen velmi malé odchylky od zapojení přijímače Kraft, Simprop nebo Microprop. Dekodér (čítač) se čtyřvrstvovými diodami má vzhledem k dekodéru konstruovanému z bistabilních klopových obvodů jednu nepříjemnou vlastnost. Rušivým signálem dojde k tomu, že vysadí detektor šířky impulsu (nezaregistruje synchronizační mezeru), tím není správně nastaven do výchozí polohy čítač a na výstupu prvního stupně čítače se objeví kladný pracovní impuls. Tím se uvede v činnost servozesilovač a servomechanismus se nastaví do jedné z krajních poloh. Tento jev však lze vhodnou úpravou udržet „na uzdě“. Přesto je však účelné připojit na první kanálový výstup servomechanismus pro některou podřadnější funkci.

Přijímač se dodává jako kompletní stavebnice, která velmi ulehčuje stavbu zařízení.

Servomechanismus – servozesilovač

Servozesilovač je zapojen čistě digitálně. I když oproti analogovým servozesilovačům (Grundig Tx 14, Simprop, Digi 4) je náklad na stavbu digitálního servozesilovače zhruba o 30 % větší, je výhodné ho použít. Protože se stále více vyskytuje otázka, zda je vhodnější analogové nebo digitální servo, ukážeme zde na malém názorném příkladu přednost digitálního zařízení před analogovým. Předpokládejme například, že máme těžký ocelový nosník někam umístit s přesností na milimetr. Pokusíme se velkou silou tento nosník do určené polohy posunout. Nepostačí-li naše síla, potom přizveme pomocníky, budeme neustále stupňovat sílu (analogová veličina), až budeme mít k dispozici tak velkou energii, která těžkým ocelovým nosníkem pohně a bude ho přestavovat do žádané polohy. Ovšem při posouvání břemena se nepodaří tak velkou energii okamžitě (v žádané poloze) „zastavit“ a břemeno žá-



Obr. 51. Blokové schéma servomechanismu Teleprop

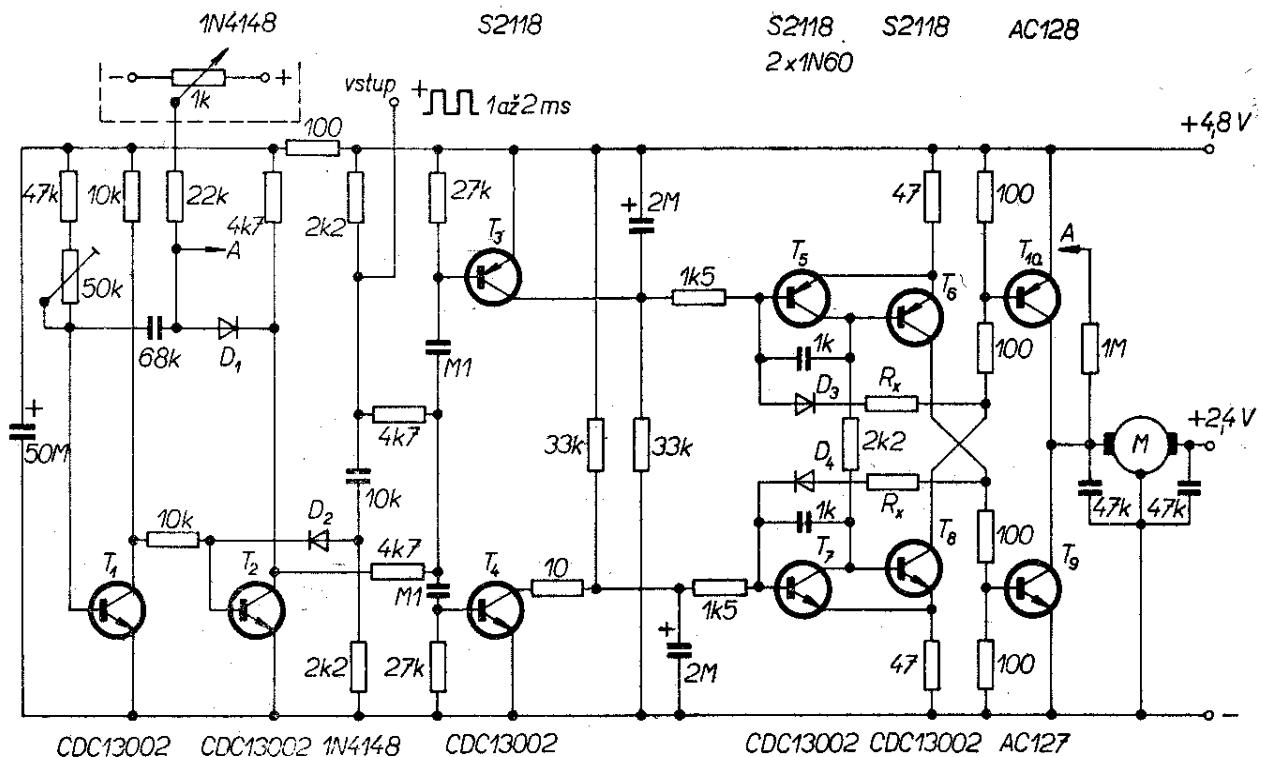
danou polohu „přejede“. Tatáž práce se dá udělat tím, že jediný pracovník bude krátkými, silnými údery velkým kladivem posouvat břemeno na určené místo. Břemeno se posouvá velmi krátkými úseky dráhy a dosáhne proto přesně žádaného místa (digitální řízení).

Podívejme se opět na blokové schéma obr. 51. Z vysílače přichází impuls s proměnnou šírkou. V přijímači se tento impuls opět zformuje tak, aby měl stejný tvar jako na výstupu vysílače. V tomto stavu je přiveden na vstupní svorky servozesilovače. Svojí přední hranou spustí monostabilní klopný obvod. Na výstupu klopného obvodu se objeví záporný impuls. Oba pulsy (ovládací i „vyrobený“) se přivedou na porovnávací obvod. Jsou-li oba pulsy stejně dlouhé, nevznikne žádné rozdílové napětí a servomechanismus zůstává ve stejné poloze. Mají-li pulsy rozdílnou šírku, potom vzniká záporný nebo kladný „zbytkový“ impuls. Tento zbytkový impuls řídí spínací tranzistory, a to vždy ten, krerý reaguje na příslušnou polaritu impulsu. Za těmito spínacími stupni se impuls „roztáhne“ do pilovitého tvaru. Při určité napěťové úrovni pilovitého impulsu sepne následující Schmittův obvod a zapne nebo vypne koncový stupeň servozesilovače. Při sepnutí koncového stupně se rozběhne motor servomechanismu, pouze však tak dlouho, jak dlouho je sepnut Schmittův obvod. Napěťová úroveň pilovitého impulsu se velmi rychle zmenšuje a koncový stupeň se zavírá asi po 5 až 10 ms. Motor se zastaví. Přijde-li v další sérii pracovních pulsů opět rozdílový impuls, motor se opět rozběhne. S hřídelem motoru

je přes převody spojen řídicí potenciometr, který se při pohybu motoru natáčí souhlasným směrem. Na poloze bězce řídicího potenciometru je pochopitelně závislá šírka impulsu monostabilního klopného obvodu. Při pohybu bězce potenciometru se šírka impulsu mění a mění se tak dlouho, pokud není srovnatelná s šírkou ovládacího impulsu. Potom se motor přestane otáčet, protože nevzniká žádný rozdílový impuls. Motor je napájen krátkými proudovými pulsy, tedy stejně jako v předchozím příkladu. Zastavuje se tehdy, dosáhne-li řídicí páka servomechanismu žádané polohy (podle polohy řídicího kniplu vysílače).

Schéma zapojení servozesilovače je na obr. 52 a neobsahuje žádné zvláštnosti. Je to v podstatě zapojení, které bylo zveřejněno v Microavioniku před čtyřmi lety. V některých detailech je zlepšené. Monostabilní klopný obvod osazený tranzistory T_1 a T_2 je buzen ovládacími pulsy přes kondenzátor 10 nF. Spínací tranzistory T_3 a T_4 vybíjejí kondenzátory C_6 a C_7 . Vznikající pilovité napětí řídí Schmittův obvod T_5 , T_6 a T_7 , T_8 . Koncové stupně servozesilovače jsou blokovány (je-li sepnut jeden koncový stupeň, nemůže být sepnut druhý a naopak). Zcela nepatrná, ale důležitá změna je v zařazení odporů v emitorech T_6 a T_8 ($4,7 \Omega$, změnou se dosáhlo mnohem jemnějšího chodu servomechanismů).

Pro dobrou funkci servomechanismů je stejně důležitá elektronika, jako mechanika. Protože mechanická stavba těchto dílů je v amatérských podmírkách téměř nemožná, byly pro toto zařízení použity osvědčené mechanické celky, a to



Obr. 52. Schéma zapojení servomechanismu Teleprop
(odpory $47\ \Omega$ v emitorech T_6 a T_8 mají být správně $4,7\ \Omega$)

servomechanismy Orbit a Simprop Digi. Pro obě serva jsou dodávány hotové stavebnice.

Sladění přístrojů musí být naprostě přesné. Většina amatérů však nemá potřebné měřicí přístroje. Mají-li však být přístroje přesně naladěny, neobejdeme se bez dobrého vysokofrekvenčního osciloskopu. S pomocnými přístroji, s jejich vzájemným využitím nebo postavením pomocných dílů je možné naladit další díly. Pro amatéra je to však příliš mnoho komplikací. Proto v ceně stavebnice Teleprop je zahrnuto také sladění a nastavení. Ti, kteří postaví soupravu ze zakoupené stavebnice, mohou bez dalších finančních nákladů (kromě poštovného) poslat postavenou soupravu výrobci, který ji naladí a nastaví. Jsou-li přístroje správně a bez chyby postaveny, je nalaďení bezplatné. Výrobce naladí i chybně postavené a zapojené přístroje, ovšem hledání a odstraňování chyb účtuje.

Tato souprava je konstruována tak, že ji lze spojovat i s jinými výrobky. Lze ji kombinovat např. s přístroji Kraft, Multiplex, Simprop, Digi 2 nebo Digi 5,

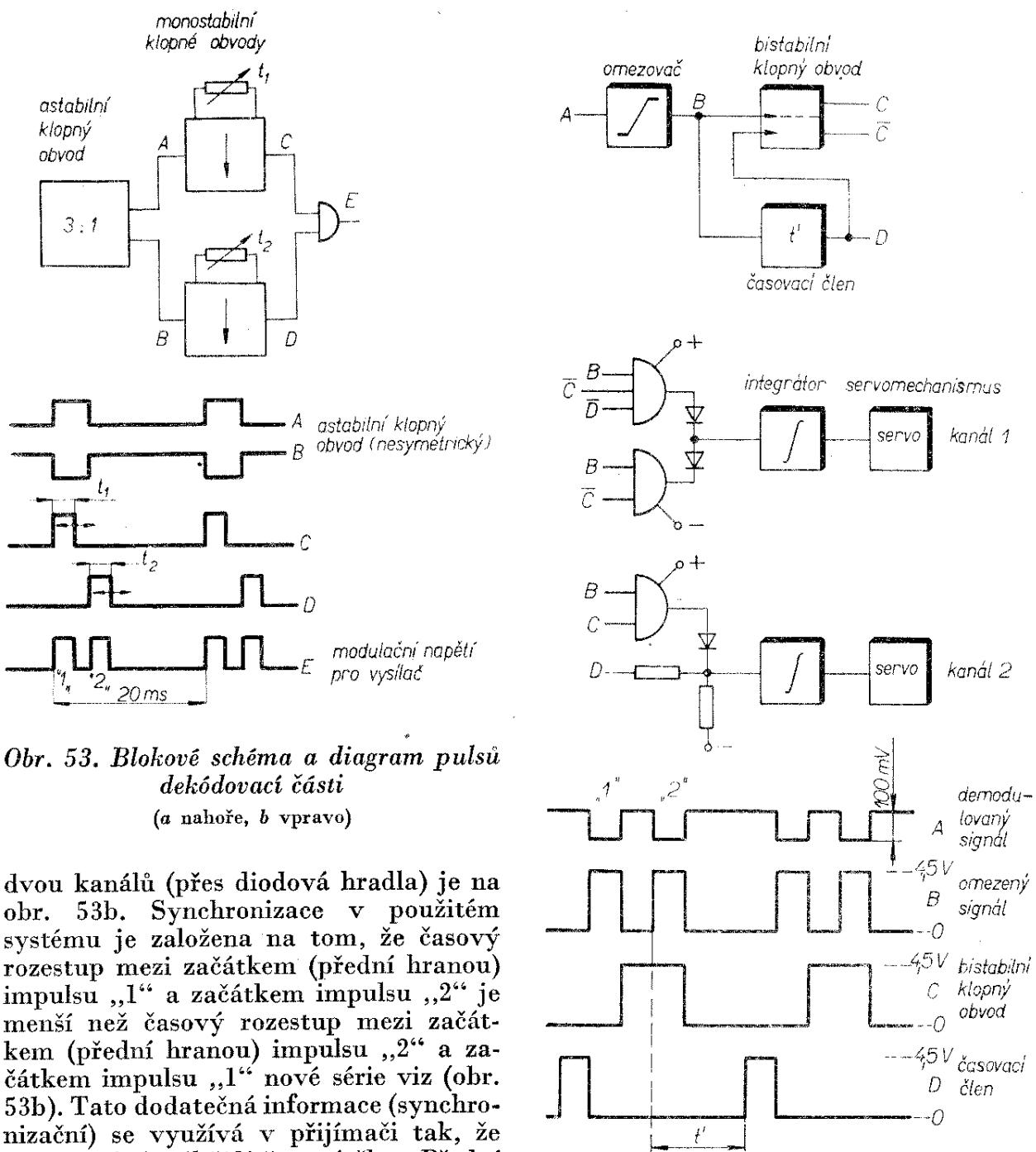
Orbita apod. Je též možné používat a vzájemně spojovat i jednotlivé přístroje. Např. lze spojit příjimač Kraft s vysílačem Teleprop nebo použít servomechanismy Teleprop v soupravě Multiplex atd.

Stavebnice je dodávána nejen jako celek (celá souprava), ale i jako stavebnice jednotlivých dílů soupravy.

Proporcionální digitální souprava pro ovládání dvou servomechanismů

Tato RC souprava je amatérskou konstrukcí dipl. ing. Gerstlauera. Při konstrukci si autor dal jako základní požadavek jednoduchost a tím i láci. Omezil se proto pouze na ovládání dvou prvků a soupravu předurčil pro ovládání větroňů.

Je použita šířková modulace pulsů. Obě potřebné informace (dva servosystémy) jsou přenášeny dvojicí po sobě jdoucích pulsů. Potom na přijímací straně postačí bistabilní klopný obvod, který je překlápen přicházejícími pulsy (obr. 53a). Blokové schéma rozdělení signálu



Obr. 53. Blokové schéma a diagram pulsů dekódovací části
(a nahoře, b vpravo)

dvou kanálů (přes diodová hradla) je na obr. 53b. Synchronizace v použitém systému je založena na tom, že časový rozestup mezi začátkem (přední hranou) impulsu „1“ a začátkem impulsu „2“ je menší než časový rozestup mezi začátkem (přední hranou) impulsu „2“ a začátkem impulsu „1“ nové série viz (obr. 53b). Tato dodatečná informace (synchronizační) se využívá v přijímači tak, že přijímaný signál řídí časový člen. Přední hranou impulsu „1“ se obvod překlopí a zpět do výchozí polohy se překlápe po čase t' (čas t' je delší než časový rozestup mezi náběhovými hranami pulsů „1“ a „2“). Tím řídí časový člen bistabilní klopný obvod a zaručuje správné tří-dělení pulsů. Tato koncepce a zvolený druh modulace určují tvar vysílaného signálu a tím i techniku kódovací části a modulátoru vysílače. V tomto případě jsou obvody vysílače velmi jednoduché. Obecně lze říci, že při použití systému jednoduchého číslicového přenosu je vysílací

strana velmi jednoduchá, naproti tomu strana přijímací je značně složitá. Je na konstruktérovi, aby zvolil nejúčelnější zapojení a tím omezil nevýhodu velké výšky zařízení na přijímací straně.

Technika zapojení

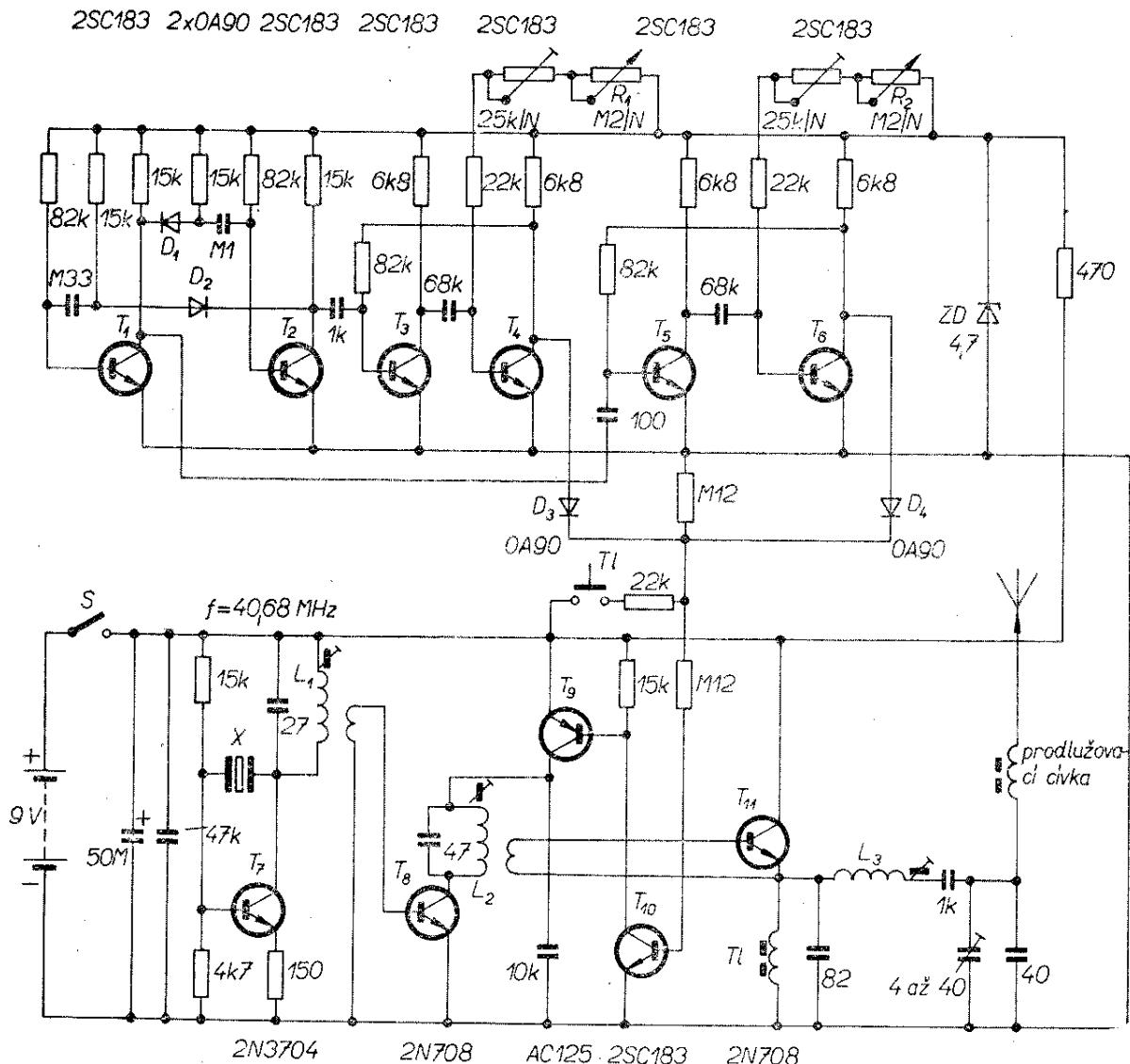
Moderní stavební prvky poskytují možnost stavby velmi jednoduchých a provozně spolehlivých zařízení. Křemíkové tranzistory dovolují konstruovat velmi stabilní a objemově malá zařízení.

Zapojení zesilovačů je stabilní i při velkých změnách pracovních teplot i napájecího napětí (stačí k tomu pouze stabilizace velkým odporem v bázi). Uplatňuje se jen vliv zbytkového proudu přechodu kolektor – báze; u křemíkových polovodičů se při zvýšení okolní teploty o 10°C zvětší I_{CB0} asi třikrát.

Vysílač

Vysílač se skládá z vysokofrekvenční části a impulsní části (obr. 54). Řídicí nesymetrický multivibrátor T_1, T_2 kmitá na kmitočtu asi 50 Hz. Má dobrou kmitočtovou stabilitu. Náběhová hrana kladného impulsu ovládá postupně oba monostabilní multivibrátory T_3, T_4 (T_5, T_6).

Doba zpětného překlopení do výchozí polohy je u monostabilních multivibrátorů téměř lineární funkci proměnných odporů R_1 , popř. R_2 . Trimry 25 k Ω slouží k nastavení počáteční délky impulsu (odpovídá neutrálu servomechanismu). Pulsy z obou monostabilních multivibrátorů jsou přes hradlo „nebo“ (OR) přivedeny na spínací část. Spínací část T_9, T_{10} připíná impulsně napájecí napětí pro oddělovací stupeň vysílače. Vysokofrekvenční část vysílače je třístupňová. Skládá se z krystalem řízeného oscilátoru, oddělovacího a koncového stupně. Tranzistor T_{11} koncového stupně je opatřen chladicí žebrovánou plochou. Měřicí přístroj indikuje vysokofrekvenční antenní napětí a tím nepřímo kontro-



Obr. 54. Vysílač stavebnice ing. Gerstlauera

luje činnost impulsní a vysokofrekvenční části vysílače. Při stisknutí tlačítka *Tl* je vysílán plný vysokofrekvenční výkon. Podle velikosti výchylky měřicího přístroje lze usuzovat i na stav napájecích baterií. Použitá anténa je 1 200 mm dlouhá s prodlužovací cívkou uprostřed. I přes pečlivé nastavení je účinnost antény maximálně 30 %. Výstupní obvod ve tvaru Π přizpůsobuje koncový stupeň vysílače k zatěžovacímu odporu, který se skládá z vyzařovacího odporu, ztrátového odporu a přechodového odporu uzemnění.

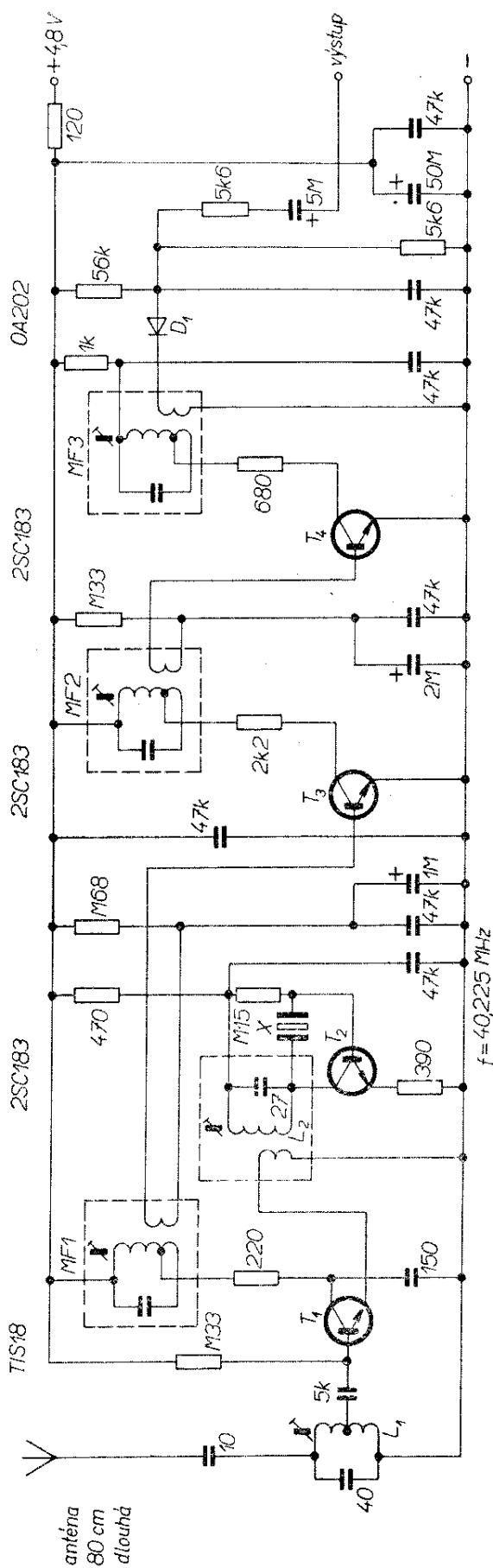
Konstrukce vysílače

Celý vysílač je sestaven na jedné desce plošných spojů. Výstup vysokofrekvenční části je umístěn co nejblíže k patě vysílací antény. Až na vysokofrekvenční část není stavba vysílače kritická.

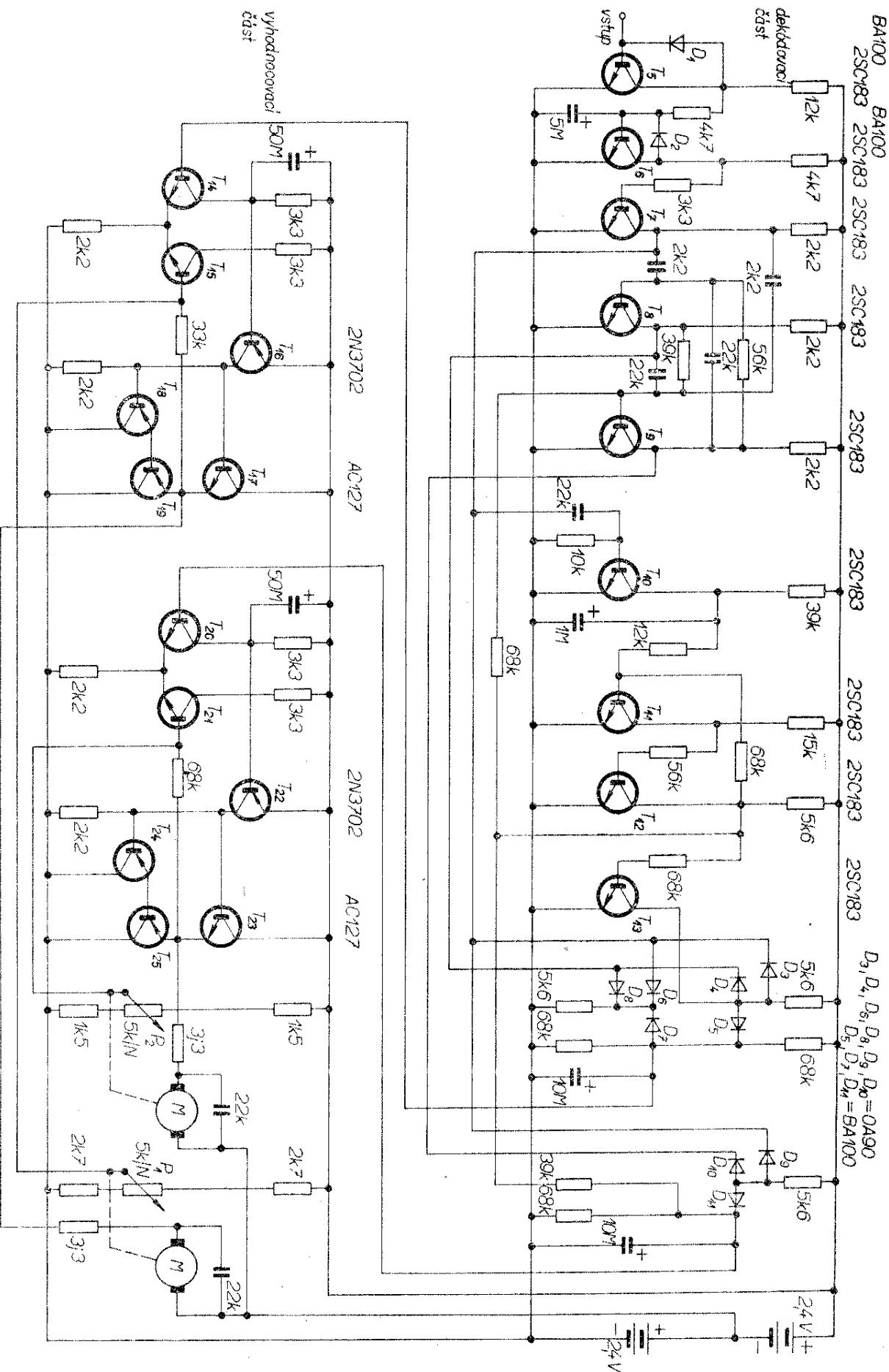
Ovládací potenciometry R_1 a R_2 jsou konstrukčně uspořádány v křížový ovládací knipl. Dráha běžců potenciometrů z jedné krajní polohy do druhé je asi 60° .

Přijímač

Přijímač je standardní superheterodyn (obr. 55). Pracuje bez vf předzesilovače. Použití vf předzesilovače nepřináší žádné výhody. V průmyslových oblastech dosahuje síla rušících polí technických přístrojů při přijímané šířce pásmo 5 až $20 \mu\text{V}/\text{m}$. Komplexně vzato, je běžná přijímací anténa obecně otevřený dipól. Vlastní přijímací anténa je půldipól dlouhý asi 80 cm. Protiváhou je ostatní přijímací zařízení (přijímač, baterie atp.). Anténa s protiváhou „tvoří“ efektivní výšku antény asi 20 cm. Na této anténě je šumové napětí naprázdno asi 4 μV . Při pečlivém přizpůsobení antény ke vstupu přijímače se vytvoří na vstupní cívce šumové napětí stejné velikosti jako je citlivost přijímače bez vf předzesilovače. Vf předzesilovač zvětšuje citlivost asi třikrát, takže se ztráta citlivosti vyrovnává. Je dokonce možné nahradit speciální vstupní tranzistor horším typem tranzistoru (2SC183), aniž by se citlivost příliš změnila. Měřením zjistíme zhruba stejnou citlivost, úroveň šumového napětí je však dvojnásobná.



Obr. 55. Stavebnice přijímače



Obr. 56. Dekódovací a vyhodnocovací část přijímače stavebnice

Směšovač má v obvodu kolektoru člen RC k potlačení pracovního kmitočtu (40,680 MHz). Mezifrekvenční kmitočet 455 kHz není však tímto filtrem potlačován. Oscilátor T_2 je zapojen běžně. Oscilační napětí pro směšovací stupeň je asi 200 mV (na emitoru T_1). V mezifrekvenčním zesilovači je použito účinné AVC. Dodatečným omezením kolektoruvého napětí dosáhneme omezení nf napětí při vstupním napětí v rozmezí 3 μ V až 100 mV. Pro digitální vyhodnocení (obr. 56) omezuje nejdříve tranzistor T_5 nf signál na špičkové napětí 1 V. Dále zapojený člen RC potlačuje vf kmitočet, který se projevuje především jako krátké rušivé pulsy. Nf signál se dále zesiluje a omezuje ve stupních T_6 a T_7 na špičkové napětí 4,5 V. Bistabilní klopný obvod T_8 , T_9 je ovládán časovacím členem kapacitní vazbou. Časovací člen se skládá z tranzistoru T_{10} a následujícího Schmittova obvodu T_{11} , T_{12} . Při každé kladné změně signálu (impulu) se T_{10} otevře a vybije kondenzátor časovacího článku v obvodu kolektoru tak dlouho, než přijde další impuls. Kondenzátor časovacího článku se nabíjí přes kolektrový odpor 39 k Ω . Dosáhne-li nabíjecí napětí na kondenzátoru velikosti překlápacího napětí Schmittova obvodu, překlopí jej. Výstup Schmittova obvodu ovládá bistabilní klopný obvod s tranzistory T_8 , T_9 . Pulsy se rozdělují na příslušné kanály diodovými hradly. Výstup diodových hradel je připojen přímo na integrační kondenzátory. Ovládací napětí (na integračním kondenzátoru) pro zesilovače servomechanismů je 2,4 V $\pm 0,3$ V. Tranzistor T_{13} zabezpečuje vynulování obou kanálů, není-li přítomen ovládací signál, nebo je-li vysílán pouze nosný kmitočet (bez informace).

Přijímač lze konstruovat jako jeden celek spolu se servozesilovači a při použití miniaturních součástek se vejde na dvě destičky o rozměrech 32 \times 37 mm. Stísněná konstrukce klade samozřejmě vyšší nároky na montáž. Servomechanismy jsou postaveny na destičce 40 \times 60 mm. Používají se motory Micro-TO5 s převodem 1:485. Třecí spojka je nastavena na tah 200 p. Pracovní rozpětí je $\pm 30^\circ$. Motory jsou dokonale odrušeny.

OBSAH

str.

Hračky pro dospělé	1
Dálkové ovládání modelů	2
Druhy provozu	3
Sedmikanálová simultánní sou- prava	6
Šestikanálová souprava Kraft Prop Control	12

Konstrukce

Přijímač soupravy dálkového ovlá- dání	18
Přijímač RC-P1 (27,12 MHz)	18
Přijímač RC-P2 (40,68 MHz)	24
Superhet pro pásmo 27 MHz	25
Obvody pro třídění povělů	25
Konstrukce selektivního zesilovače	31
Vysílač RC-V1 (27,12 MHz)	34
Vysílač RC-V2 (40,68 MHz)	40
Vysílač pro 27,12 MHz s modulací konečného stupně	42
Vysílač pro pásmo 40,68 MHz s ger- maniovými tranzistory	43
Modulátory pro vysílače	44
Provozní předpisy	48
Příklady zahraničních konstrukcí .	51

RADIOVÝ KONSTRUKTÉR – vydává Vydavatelství MAGNET, Praha I., Vladislavova 26, telefon 234355-7. ● Šéfredaktor ing. František Smolík. ● Redakce Praha 2, Lublaňská 57, tel. 223630. ● Re-
dakční rada: K. Bartoš, ing. J. Čermák, CSc, K. Donát, ing. L. Hloušek, A. Hofhans, Z. Hradík, ing. J. T. Hy-
an, K. Krbec, J. Krčmářík, ZMS, K. Novák, ing. O. Petráček, ing. J. Plzák, M. Procházka, ing. P. Pytner, ing. J.
Vackář, CSc, laureát st. ceny KG, J. Ženíšek. ● Ročně vydje 6 čísel. Cena výtisku 4,50 Kčs, pololetní předplatné
13,50 Kčs, roční předplatné 27,— Kčs. ● Rozšíruje PNS, v jednotkách ozbrojených sil MAGNET – administra-
ce, Praha 1, Vladislavova 26. Objednávky přijímá každá pošta i doručovatel. ● Objednávky do zahraničí vyrábí
PNS – vývoz tisku, Jindřišská 14, Praha 1. ● Dohládaci pošta 07. ● Tiskne Naše vojsko, závod 01, Na Valech 1,
Praha – Dejvice. ● Za původnost příspěvků ručí autor. Redakce rukopis vrátí, bude-li vyžádán a bude-li připo-
jena frankovaná obálka se zpětnou adresou. ● Toto číslo vyšlo 23. června 1970.

© Vydavatelství Magnet Praha

SOUČÁSTKY PRO AMATÉRY

žádejte v prodejnách TESLA,

zejména:

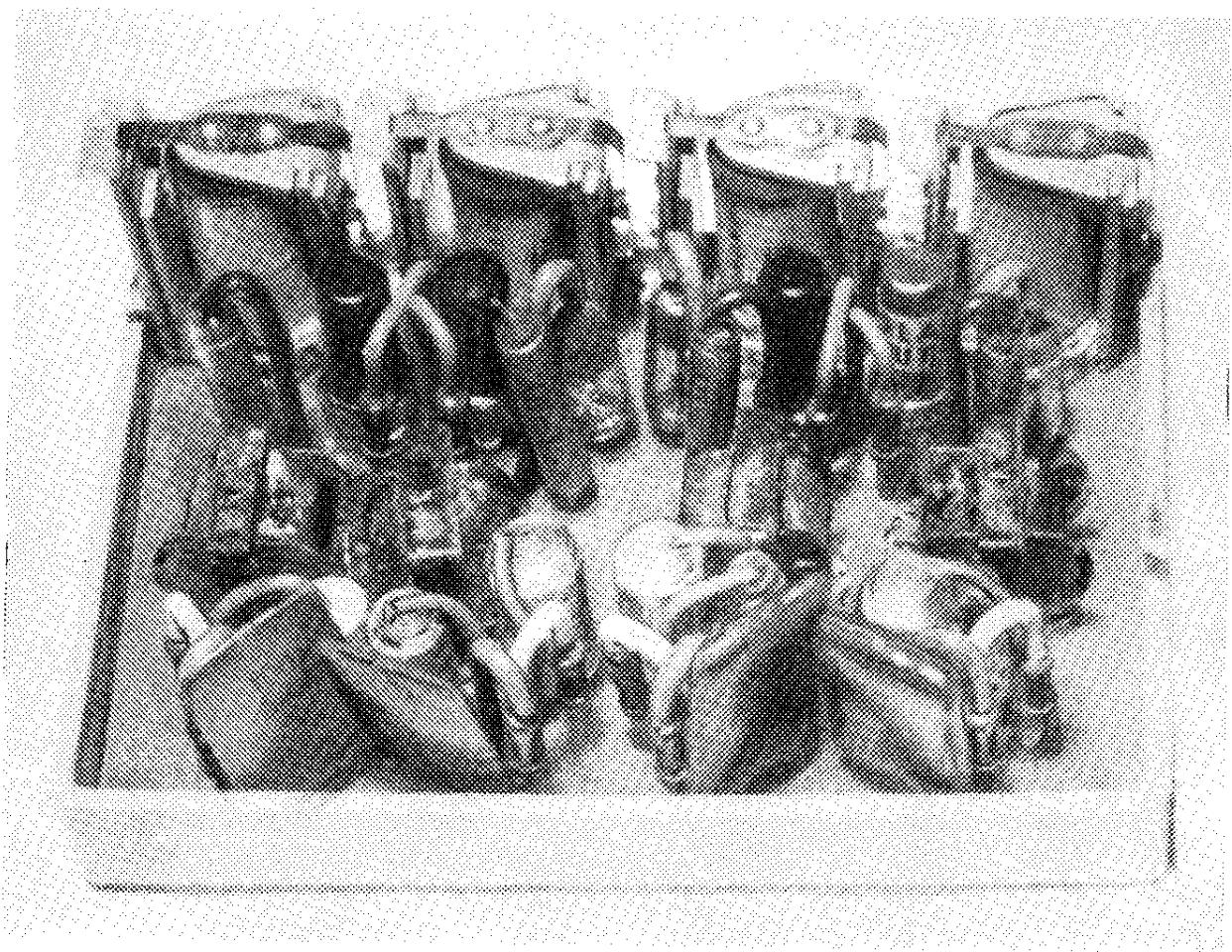
✓ PRAZE 1, Martinská 3,

✓ BRNĚ, Františkánská 7 a

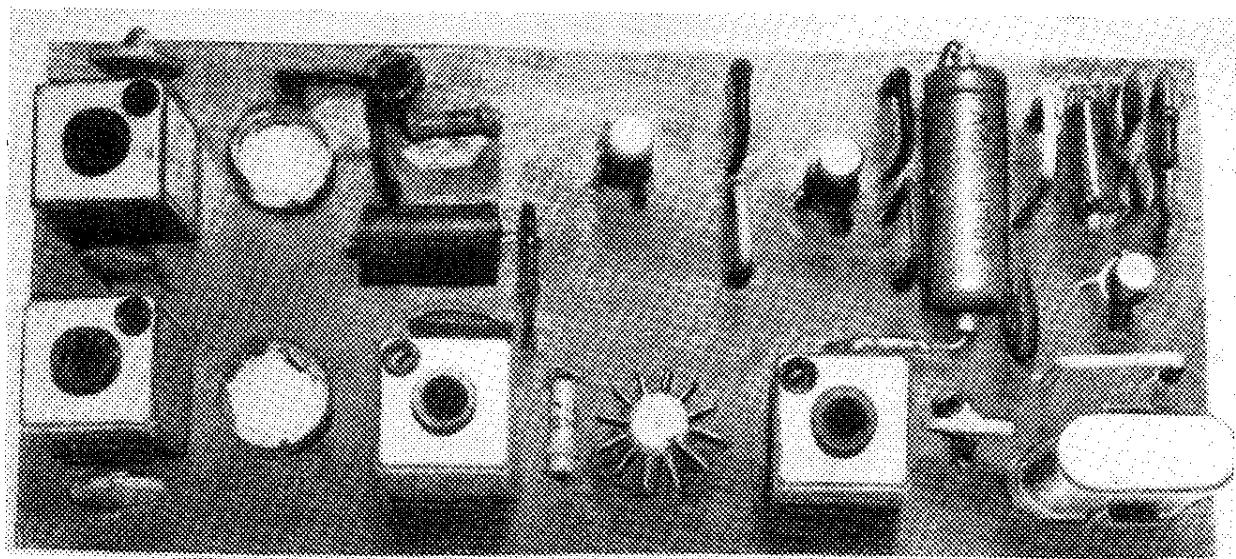
✓ BRATISLAVĚ,

Červenej armády 8 a 10

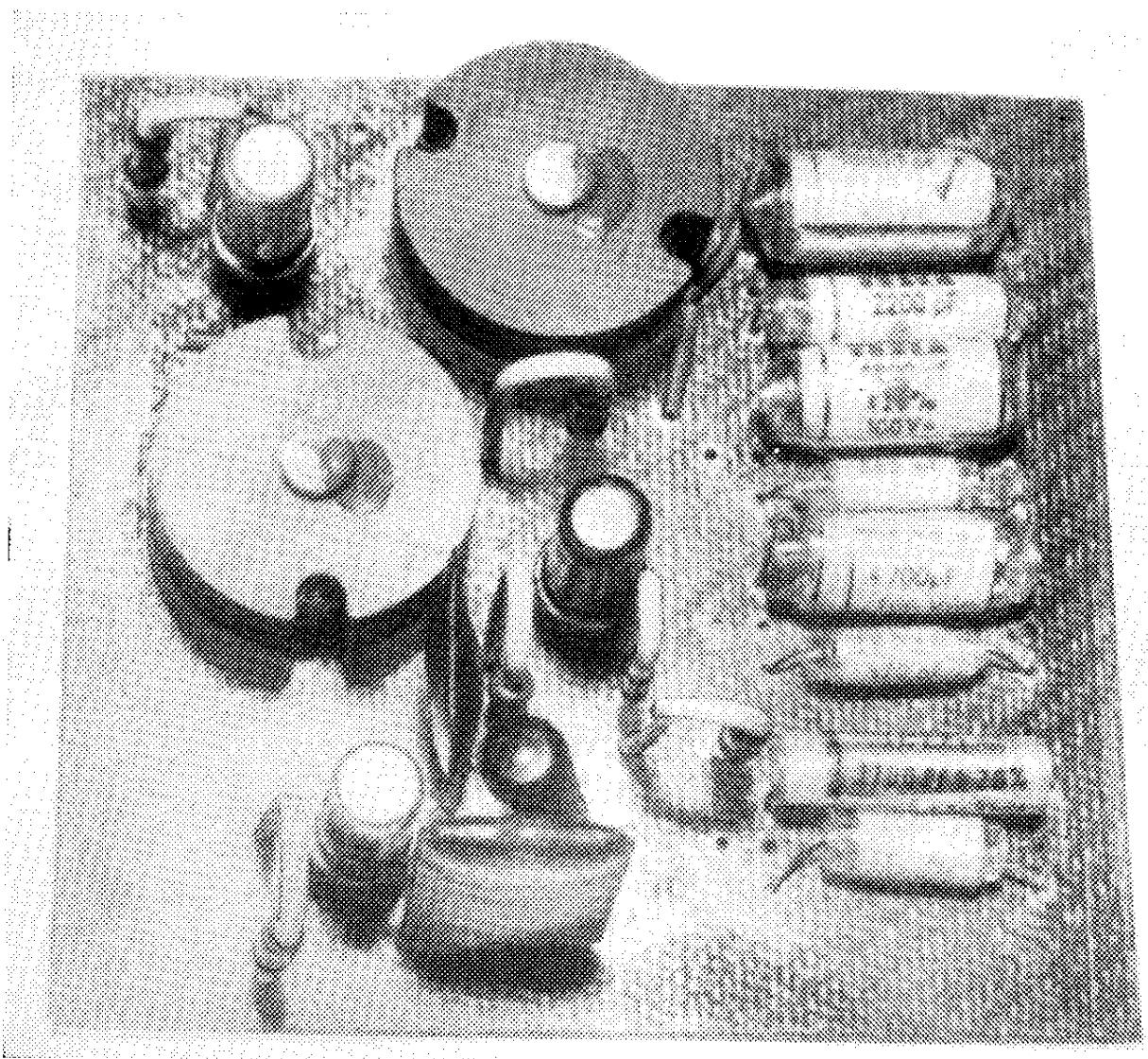




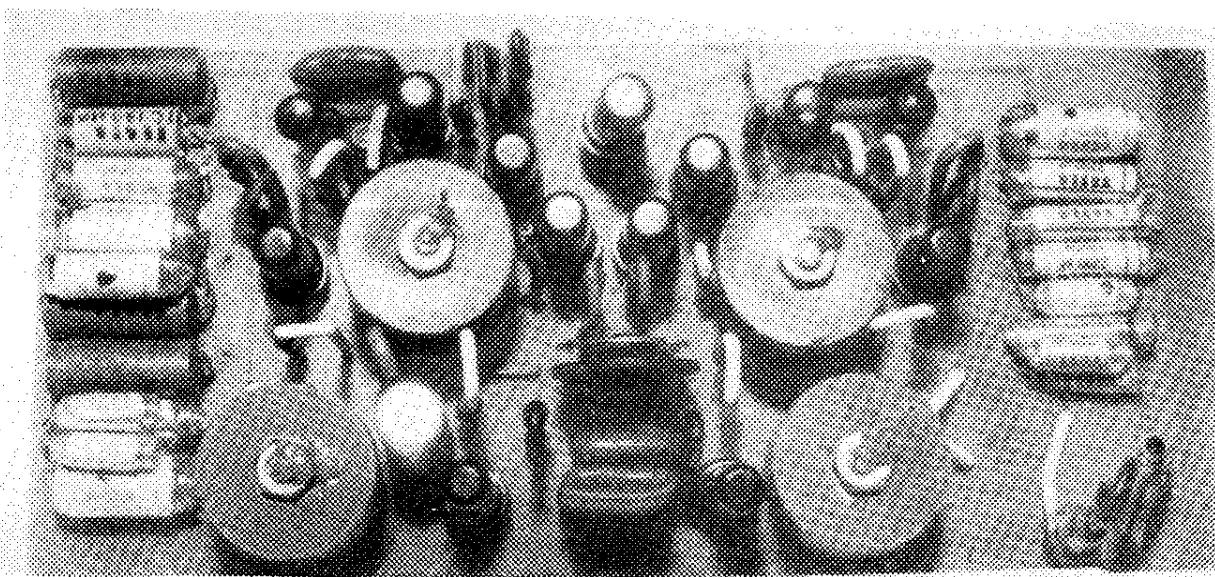
Destička s plošnými spoji selektivního zesilovače (čtyři povely)



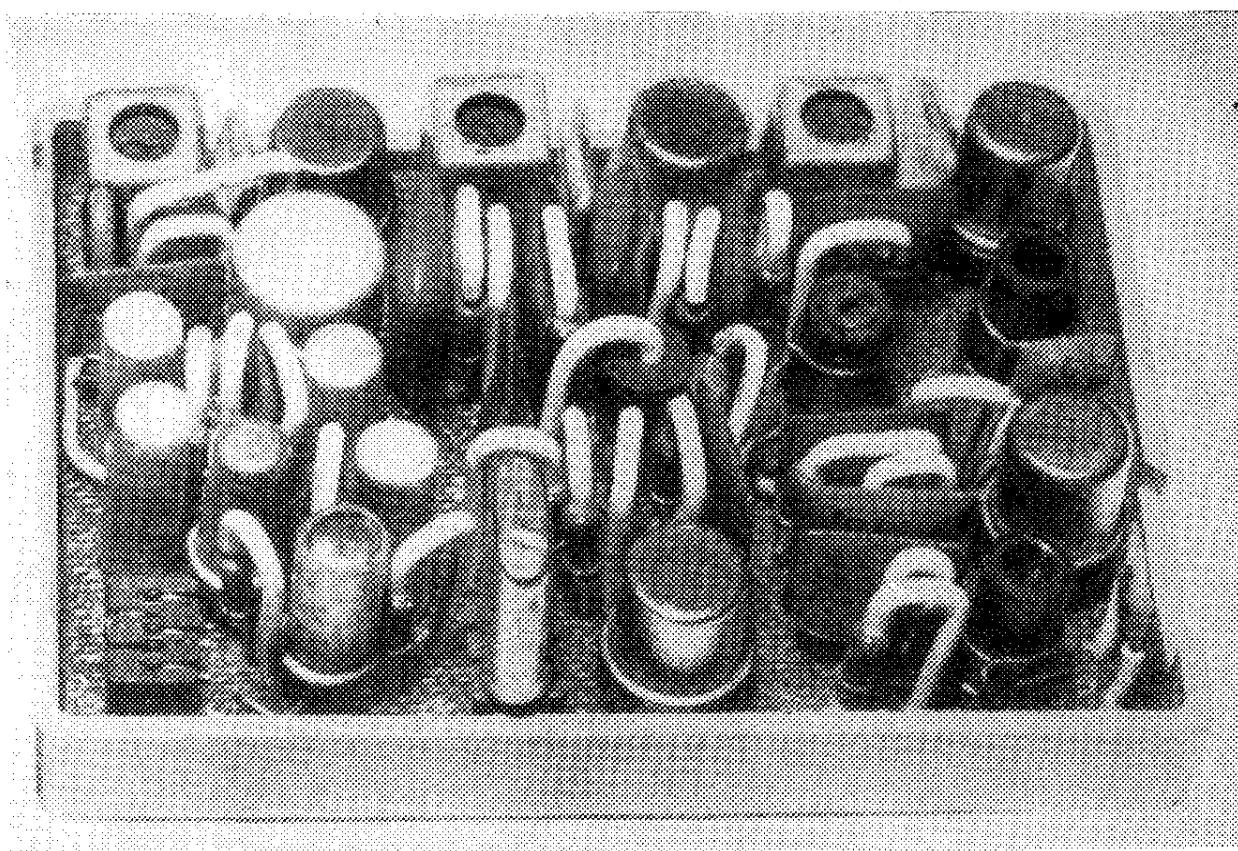
Destička s plošnými spoji vysílače 27,12 MHz s modulací do budicího stupně



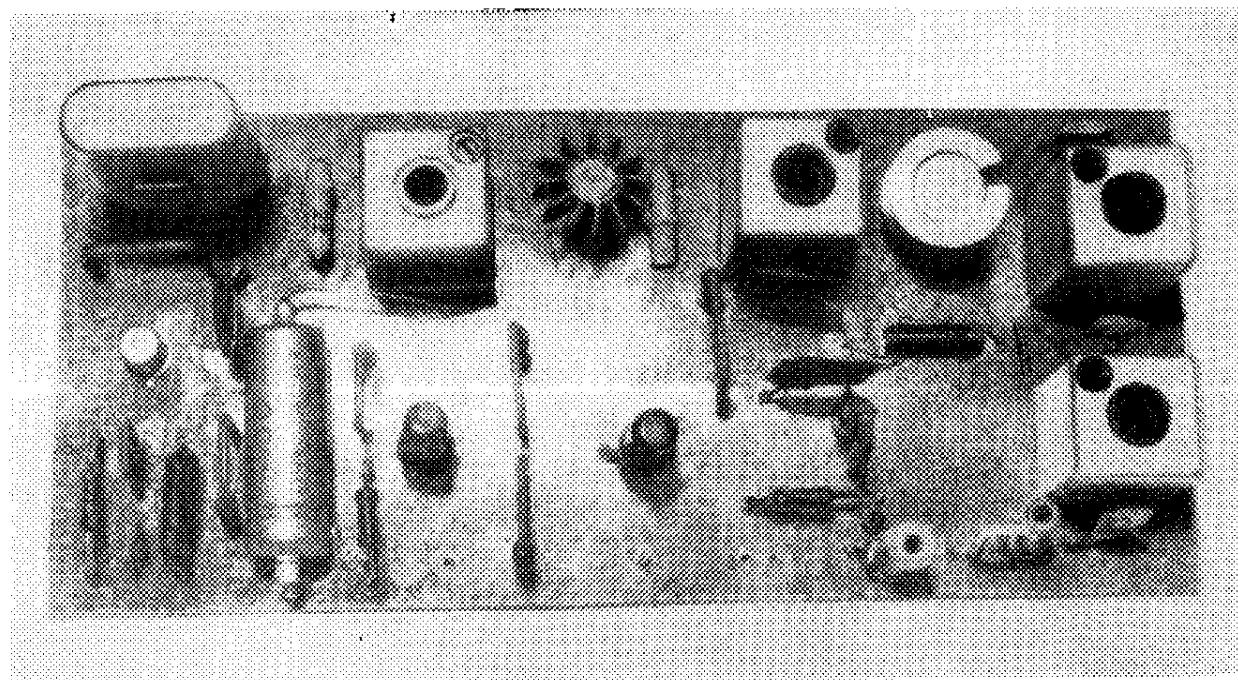
Modulátor vysílače se čtyřmi povely



Destička modulátoru se simultánním provozem



Destička s plošnými spoji přijímače 27,12 MHz



Destička vysílače 40,68 MHz s modulací do budicího stupně